

---

# DIPLOMARBEIT

---

Herr Ing.  
**Martin Wilhelmer**

**Prozesswärme mit thermischen  
Solarkollektoren – Potentialanalyse  
für den Großraum Klagenfurt und  
Wirtschaftlichkeitsberechnung  
anhand eines Fallbeispiels**

2012



# **DIPLOMARBEIT**

---

## **Prozesswärme mit thermischen Solarkollektoren – Potentialanalyse für den Großraum Klagenfurt und Wirtschaftlichkeitsberechnung anhand eines Fallbeispiels**

Autor:

**Herr Ing. Martin Wilhelmer**

Studiengang:

**Wirtschaftsingenieurwesen**

Seminargruppe:

**KW08w2WA**

Erstprüfer:

**Prof. Dr. Johannes N. Stelling**

Zweitprüfer:

**Prof. Dr. Andreas Hollidt**

Einreichung:

**Mittweida, 21.05.2012**

Verteidigung/Bewertung:

**Wr. Neustadt, 2012**



### **Bibliografische Beschreibung:**

Wilhelmer, Martin: Prozesswärme mit thermischen Solarkollektoren - Potentialanalyse für den Großraum Klagenfurt und Wirtschaftlichkeitsberechnung anhand eines Fallbeispiels. 65 Seiten, 7 Abbildungen, 3 Anlagen, Hochschule Mittweida (FH), Fakultät Wirtschaftswissenschaften,

Diplomarbeit, 2012

### **Referat:**

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Potentialanalyse von solarer Prozesswärme für Industrie- und Gewerbebetriebe und deren wirtschaftliche Bewertung. Das Hauptziel ist es, die Prozesse zu identifizieren und das entsprechende Potential für den Großraum Klagenfurt aufzuzeigen. Anhand eines Fallbeispiels soll die Wirtschaftlichkeit einer solaren Anwendung berechnet und analysiert werden. Als Basis für die Wirtschaftlichkeitsberechnung werden die Kapitalwertmethode und die Amortisationszeitberechnung herangezogen.



## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis .....	V
Tabellenverzeichnis .....	VII
1. Einleitung.....	1
1.1. Problemstellung und Praxis .....	2
1.2. Aufbau und Ziele der Arbeit .....	3
2. Grundlagen zur Solarenergie.....	4
2.1. Solare Strahlung .....	5
2.2. Thermische Solarenergie .....	7
2.2.1. Aufgabe, Funktion und Kennwerte des Sonnenkollektors .....	9
2.2.2. Sonnenkollektor für mittlere Prozesswärme.....	11
2.3. Anwendungen solarthermischer Anlagen.....	11
2.3.1. Solaranlagen für Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäuser .....	12
2.3.2. Solaranlagen für Hotellerie und Gastgewerbe .....	13
2.3.3. Großanlagen für Nahwärmesysteme .....	13
2.3.4. Solare Prozesswärme.....	14
3. Marktpotentialanalyse.....	17
3.1. Identifizierung der relevanten Prozesse .....	17
3.1.1. Anwendungsgebiete für mittlere Prozesswärme.....	19
3.2. Abgrenzung der relevanten Unternehmenssektoren.....	31
3.3. Analyse des Marktpotentials im Großraum Klagenfurt.....	32
3.3.1. Der Großraum Klagenfurt .....	33
3.3.2. Solarunternehmen .....	34
3.3.3. Energiedienstleister und Energieberater.....	35
3.3.4. HKL Unternehmen .....	36
3.3.5. Gewerbe und Industriebetriebe im Großraum Klagenfurt .....	37
3.3.6. Solarenergiepotential im Großraum Klagenfurt.....	38
4. Wirtschaftliche Betrachtung von Solaranlagen .....	41
4.1. Investitionskosten einer Solaranlage für Prozesswärme.....	42





---

4.1.1.	Ermittlung der Investitionskosten .....	43
4.1.2.	Regionale und nationale Förderprogramme .....	45
4.2.	Wirtschaftlichkeitsberechnungen einer Solaranlage .....	50
4.2.1.	Berechnung mittels Kapitalwertmethode .....	51
4.2.2.	Berechnung der Amortisationszeit .....	53
5.	Fallbeispiel.....	54
5.1.	Anlagendimensionierung.....	56
5.2.	Technische Beschreibung des Solarsystems.....	58
5.3.	Ökonomische Betrachtung.....	60
5.4.	Ökologische Betrachtung .....	64
6.	Ausblick .....	65
	Zeichenerklärung .....	66
	Literatur- und Quellenverzeichnis.....	67
	Anlage A .....	71
	Anlage B .....	76
	Anlage C .....	77
	Erklärung.....	78



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Globalstrahlung in Österreich.....	6
Abbildung 2-2: Aufbau einer Solaranlage.....	8
Abbildung 2-3: Aufbau eines Flachkollektors.....	9
Abbildung 3-1: Turm-Extraktionsanlage der Braunschweigischen Maschinenbauan- stalt.....	27
Abbildung 5-1: Areal der Schleppe Brauerei in Klagenfurt.....	55
Abbildung 5-2: Vereinfachte Darstellung des Solarsystems für das Schleppe Areal.....	58
Abbildung 5-3: Prinzipskizze der hydraulischen Schaltung des Wärmeverteilsys- tems.....	59



## Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Spezifische Strahlungsleistung und Anteil der Diffusstrahlung bei verschiedenen Wetterbedingungen.....	6
Tabelle 3-1: Einsatzgebiet und Besonderheiten von Eindampfertypen.....	23
Tabelle 3-2: Temperaturen von Eindampfprozessen in der Lebensmittelbranche.	24
Tabelle 3-3: Temperaturniveau beim Färben für unterschiedliche Fasern.....	26
Tabelle 3-4: Anwendungstyp, Technologie, Kühlleistung und Länderverteilung der Systeme der SOLAIR Datenbank.....	29
Tabelle 3-5: Industrielle Prozesse für solarthermische Anwendungen.....	31
Tabelle 3-6: Wichtige Zahlen der politischen Bezirke Klagenfurt und Klagenfurt Land.....	33
Tabelle 3-7: Monatliche Globalstrahlung und mittlere Monatstemperatur von Klagenfurt (1971-2000).....	39
Tabelle 4-1: Daten für die Kapitalwertberechnung.....	52
Tabelle 5-1: Wärmeenergieverbrauch in MWh pro Monat am Schleppe Areal 2011.....	56
Tabelle 5-2: Simulationsergebnisse für die Solaranlage Schleppe Areal, berechnet mit der Simulationssoftware T-SOL.....	57
Tabelle 5-3: Investitionskosten des Solarsystems für das Schleppe Areal.....	60
Tabelle 5-4: Datenbasis für die Wirtschaftlichkeitsberechnung.....	61
Tabelle 5-5: Daten für die Kapitalwertberechnung.....	62



## 1. Einleitung

Thermische Solaranlagen sind längst keine Nischenprodukte mehr und haben sich in Europa längst als wichtige Energiequelle etabliert. Im Bereich von Kleinanlagen zur Warmwasserbereitung und Unterstützung der Raumheizung, sind solarthermische Anlagen bereits seit langen etabliert und befinden sich gerade in der Einstiegsphase für den Massenmarkt. Weltweit sind derzeit 172,4 GW<sub>th</sub> installiert, was eine Kollektorfläche von 246,2 Millionen Quadratmetern ergibt.<sup>1</sup> Diese Leistung entspricht der installierten Kraftwerksleistung Österreichs und Deutschlands zusammen. Das Potential, welches in der Solarthermie steckt, ist jedoch noch weitaus größer.

Nicht nur ökologische Aspekte wie Klimaschutz und die Reduktion der Schadstoffe wie Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) oder Stickoxid (NO<sub>x</sub>) sprechen für die Nutzung der Solarthermie. Auch die steigenden Preise der fossilen Energieträger lassen solarthermische Anlagen wirtschaftlich immer attraktiver werden. Seitens der Politik wurden die Vorteile der Solarthermie ebenfalls bereits erkannt und diese mit zahlreichen Programmen gefördert.

Die Industrie verbraucht in den OECD Staaten rund 30 % der Energie und somit den höchsten Anteil, knapp gefolgt von Transport und Haushalten. Die damit verbundenen Ausgaben stellen für Unternehmer immer öfter auch einen existenziellen Kostenfaktor dar. Nach einer Studie des deutschen Bundeswirtschaftsministeriums aus dem Jahre 2008, beliefen sich die Energiekosten im verarbeitenden Gewerbe in Deutschland auf insgesamt rund 36 Mrd. Euro. Dennoch wurden bis jetzt hierfür nur sehr vereinzelt solarthermische Lösungen eingesetzt. In einer Studie der Internationalen Energie Agentur IEA aus dem Jahre 2008 kam man auf lediglich 90 Solarsysteme weltweit, welche für industrielle Prozesse errichtet wurden und eine Gesamt-

---

<sup>1</sup> Vgl. AEE Intec (Hrsg.): Solar Heat Worldwide (2011). S. 5.

leistung von 25 MW<sub>th</sub> erzielen.<sup>2</sup> Im Vergleich zu der weltweit installierten Leistung aus Solarenergie fallen somit nur 0,015 % auf den industriellen Einsatz.

Betrachtet man die Prozesswärme in Österreich, so liegt dieser Verbrauchszweck mit 23,6 % an dritter Stelle des österreichischen Energieverbrauchs.<sup>3</sup> Bei einem energetischen Endverbrauch von 1.057.271 TJ im Jahr 2009 entfallen somit 249.516 TJ auf die Prozesswärme.<sup>4</sup> Dieser Wert entspricht 69.310 Gigawattstunden (GWh) und würde bei einer jährlichen mittleren Einstrahlung von 1.200 kWh/m<sup>2</sup> und einem Systemnutzungsgrad von 70 % eine Kollektorfläche von 82.511.904 m<sup>2</sup> bedeuten. Das theoretische Potential ist demnach riesengroß. Die Solarthermie ist allerdings eingeschränkt in der Temperaturhöhe und in der Verfügungsbereitschaft. Um das tatsächliche Potential für solarthermische Anwendungen zu erschließen, wurde bereits eine Studie der Internationalen Energie Agentur IEA gestartet. Den ersten Studienergebnissen nach könnte die Solarthermie 2 – 3 % des gesamten europäischen Prozesswärmebedarfs decken.

### **1.1. Problemstellung und Praxis**

Warum setze ich eine Solaranlage für meinen Energiebedarf ein? Es gibt dafür eine Reihe von Gründen. Angefangen von den begrenzten fossilen Energieträgern wie Erdöl oder Erdgas, deren Reichweite nicht exakt festgelegt werden kann und bei denen auch die Preisentwicklung bei Verknappung eine unbekannte Variable ist. Oder die Belastung der Umwelt durch das freigesetzte Kohlendioxid, was den Anstieg der mittleren Temperatur auf der Erde zur Folge hat. Natürlich betrachtet man bei der eingangs gestellten Frage diese umweltrelevanten Aspekte, aber gerade bei in der Industrie und bei Gewerbebetrieben entspringt der Grund meist wirtschaftlicher Natur.

Diese Arbeit soll die Einsatzgebiete von Solarenergie für mittlere Prozesswärme in Gewerbe- und Industriebetrieben aufzeigen und eine kritische Betrachtung der Amortisation solcher Anlagen darlegen. Um diese wirtschaftliche Betrachtung durch-

---

<sup>2</sup> Vgl. IEA (Hrsg.): Potential for Solar Heat in Industrial Processes (2008). S. 2.

<sup>3</sup> Vgl. BMWFJ (Hrsg.): Energiestatus Österreich 2011 (2001). S. 23.

<sup>4</sup> Vgl. Energie-Control Austria (Hrsg.): Statistikbroschüre 2011 (2011). S. 6.



zuführen bedarf es einer genauen Analyse der Investitionskosten wie auch der Instandhaltungskosten. Die Amortisationszeit ist des Weiteren maßgeblich an die Entwicklung der Energiepreise gekoppelt. Je höher die Preise für Erdgas, Heizöl oder andere Energieträger werden, desto eher rentiert sich die Investition.

Des Weiteren soll mit dieser Arbeit auch das Marktpotential für die Nutzung solarthermischer Anlagen für mittlere Prozesswärme im Großraum Klagenfurt aufgezeigt werden. Es sollen die relevanten Prozesse identifiziert und anhand einer Marktanalyse auf die Region Klagenfurt umgelegt werden.

## **1.2. Aufbau und Ziele der Arbeit**

Die Arbeit gibt als Einleitung in die Thematik einen Überblick über die thermische Solarenergie im Allgemeinen. Hierzu werden im Abschnitt Grundlagen zuerst das physikalische Prinzip zur Wärmegewinnung aus Sonnenenergie erläutert und die technische Umsetzung in der Praxis erklärt. Was die wesentlichen Unterschiede zwischen Standardkollektoren und Kollektoren für solare Prozesswärme sind, wird im nächsten Abschnitt erklärt. Darauf erfolgt eine Abgrenzung der unterschiedlichen Systeme bzw. Einsatzgebiete der thermischen Solarkollektoren.

Die Grundlagen und die Analyse der Einsatzgebiete bilden die Basis für die im nächsten Kapitel durchgeführte Marktpotentialanalyse. Betrachtet werden hier die Industrie- und Gewerbebetriebe im Großraum Klagenfurt. Nach einer Gliederung der Anwendungsgebiete für mittlere Prozesswärme werden die relevanten Unternehmenssektoren abgegrenzt und eine theoretische Anwendbarkeit in der betrachteten Region aufgezeigt. Welches Potential die Solarenergie selbst in dieser Region hat, wird abschließend in diesem Kapitel behandelt.

Nachdem der erforderliche Markt analysiert und strukturiert wurde, widmet sich das darauf folgende Kapitel der Wirtschaftlichkeit von Solaranlagen. Dabei spielt die klassische Investitionsrechnung eine wichtige Rolle. Die Ermittlung der Investitionskosten und die Berücksichtigung regionaler und nationaler Subventionen bilden einen wichtigen Abschnitt in diesem Kapitel. Den Kern der Ausführungen bilden darauf

die Kapitalwertberechnung und die Amortisationsrechnung anhand eines Praxisbeispiels.

In der Schlussbemerkung werden dann die Ergebnisse zusammengefasst und bewertet, geeignete Maßnahmen zur Verbesserung vorgeschlagen und mögliche Konsequenzen aufgezeigt.

Die verwendeten Diagramme, Berechnungen und Schemata stammen aus dem Simulationsprogramm T\*SOL Pro, Version 5.0.

## **2. Grundlagen zur Solarenergie**

Die Sonne ist die Basis für viele von der Menschheit genutzte Energieformen. Sei es die Wasserkraft, wo die Verdunstung des Oberflächenwassers durch die Sonne den globalen Wasserkreislauf antreibt oder die durch die Sonneneinstrahlung entstehenden Winde, zur Nutzung der Windenergie.<sup>5</sup> Ebenso zur dieser indirekten Solarenergienutzung zählen auch die Verwendung von Biomasse wie Holz, Dung und Pflanzenabfälle sowie die Nutzung von Wärmepumpen, wo dem Erdreich die gespeicherte Sonnenenergie entzogen wird.

Bei der direkten Nutzung der Sonnenenergie wird entweder Wärme durch Luftkollektoren oder thermische Sonnenkollektoren gewonnen oder elektrische Energie durch Photovoltaikmodule erzeugt. In der Photovoltaik wird die gewonnene elektrische Energie entweder direkt verbraucht, bei autarken Systemen in Batterien gespeichert, oder bei netzgekoppelten Systemen in ein öffentliches Stromnetz eingespeist. Der Wirkungsgrad der Photovoltaikmodule liegt bei 17 %.<sup>6</sup>

Ebenso zur direkten Sonnenenergienutzung zählt die solare Architektur, welche immer mehr an Bedeutung gewinnt. Es gilt hier die Ausrichtung des Gebäudes sowie die Fensterflächen und die Beschattung so auszulegen, dass die Sonne einen wesentlichen Anteil an der Erzeugung der Raumwärme beisteuert. Speziell bei Passivhäusern findet diese Art der Architektur vermehrt Anwendung.

---

<sup>5</sup> Vgl. Bullinger, H.-J. (2007). S. 340.

<sup>6</sup> Vgl. Mösl. R., (1993). S. 110.

Die durch die thermischen Sonnenkollektoren gewonnene Wärme wird insbesondere für die Heizungsunterstützung von Gebäuden sowie für die Warmwasserproduktion genutzt. Diese thermischen Solaranlagen werden hinsichtlich Funktion, Aufbau und Einsatz in den folgenden Kapitel näher beschrieben.

## **2.1. Solare Strahlung**

Man kann die Sonne mit einem Kernreaktor vergleichen in dem eine Art Super-GAU abläuft. Die Sonne besteht aus 75% Wasserstoff, 23% Helium und 2% schweren Elementen. Die Kernfusion basiert auf dem gewaltigen Druck, der die Wasserstoffatome zu Heliumatomen verschmilzt. Die dabei freigesetzte Energie beträgt mehrere Millionen Grad im Kern und immerhin noch ca. 5500°C an der Sonnenoberfläche. Erst in etwa 4 Milliarden Jahren wird der Wasserstoff der Sonne aufgebraucht sein und die Sonne wird erlöschen.<sup>7</sup> Durch diese enorme freigesetzte Energie erreicht man oberhalb der Erdatmosphäre eine Strahlungsleistung von rund 1360W/m<sup>2</sup>, welche mittels Satellitenmessungen bestimmt wurde und als Solarkonstante bezeichnet wird. Je nach Abstand der Erde zur Sonne schwankt der Wert zwischen 1320 W/m<sup>2</sup> und 1415 W/m<sup>2</sup>. Durch die Sonnenaktivität verursachte Schwankungen liegen im Promille-Bereich und sind daher vernachlässigbar.<sup>8</sup> Da durch die Erdatmosphäre und durch Wolken ein Teil der Strahlung absorbiert wird, misst man auf der Erdoberfläche nur noch Maximalwerte von ca. 1000 W/m<sup>2</sup>, welche aus der direkten und diffusen Strahlung bestehen. Diese Leistung bezeichnet man als Globalstrahlung und sie wird in der Solartechnik genutzt.<sup>9</sup>

---

<sup>7</sup> Vgl. Hadamovsky, H. F.; Jonas, D. (2000). S. 23.

<sup>8</sup> Vgl. Blatter, M., Geografie der Erneuerbaren Energien, Bremgarten (2011). S. 13.

<sup>9</sup> Vgl. Peuser, F. A.; Remmers, K. H.; Schnauss, M. (2001). S. 5.

	<b>Einstrahlung [W/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Diffusanteil [%]</b>
Blauer Himmel	800 – 1000	10
Dunstiger Himmel	600 – 900	bis 50
Nebeliger Herbsttag	100 – 300	100
Trüber Wintertag	50	100
Jahresdurchschnitt	600	50 – 60

Tabelle 2-1: Spezifische Strahlungsleistung und Anteil der Diffusstrahlung bei verschiedenen Wetterbedingungen<sup>10</sup>

Neben der unterschiedlichen Einstrahlung aufgrund des Wetters gibt es auch geografische Unterschiede und jahreszeitliche Schwankungen. In der Nähe des Äquators erreicht man eine jährliche Einstrahlung von etwa 2200 kWh/(m<sup>2</sup>a). Dieser Wert ist ungefähr doppelt so groß wie die mittlere Einstrahlung pro Jahr in Österreich und Deutschland.<sup>11</sup>

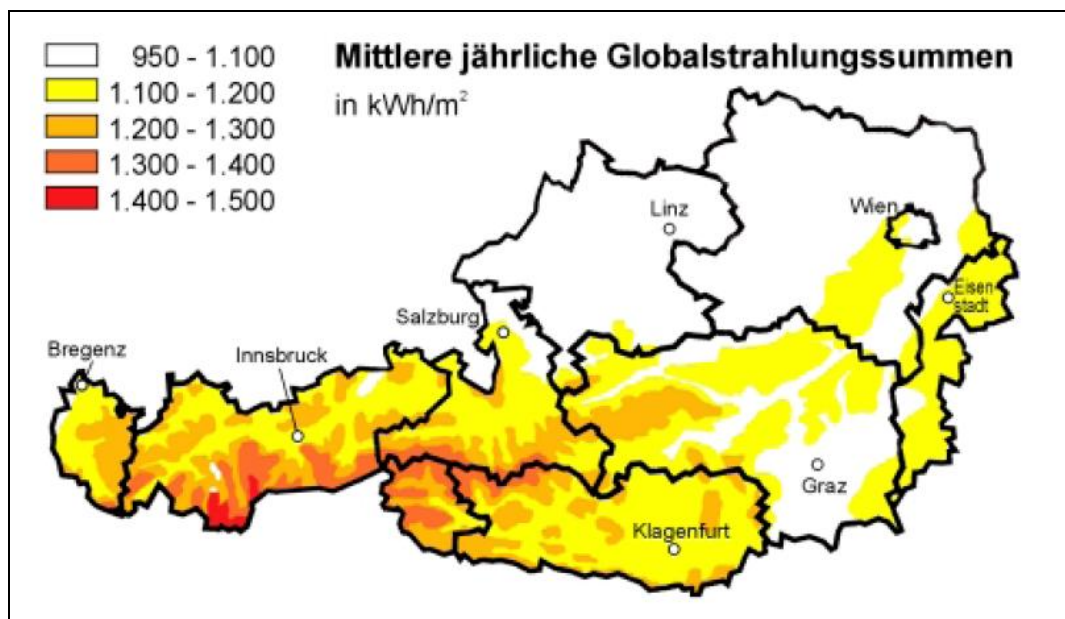


Abbildung 2-1: Globalstrahlung in Österreich<sup>12</sup>

<sup>10</sup> Quelle: <http://www.hs-bremen.de/internet/forschung/veroeffentlichungen/detail/solar.pdf> am 14.03.2012.

<sup>11</sup> Vgl. Peuser, F. A.; Remmers, K. H.; Schnauss, M. (2001). S. 6.

<sup>12</sup> Quelle: Faninger G., Sonnenenergie, Forschung und Nutzung in Kärnten, Klagenfurt 1985.

Die jährliche auf die gesamte Erdoberfläche eingestrahlte Energie stellt ein gewaltiges Potential dar und übersteigt den Weltjahresenergiebedarf um ein Zehntausendfaches. Somit beträgt diese Energie ein Vielfaches aller vorhandener fossilen und nuklearen Energiereserven. Auch hat ihre Nutzung auf einer bestimmten Fläche keinen direkten Einfluss auf benachbarte Flächen. Es ist somit die einzige Energiequelle, die bei freier Verfügbarkeit, ohne geophysikalische und nutzungsrechtliche Einschränkungen genutzt werden kann.<sup>13</sup>

## **2.2. Thermische Solarenergie**

Die Nutzung der eingestrahlten Solarenergie zur Wärmegewinnung kann auf unterschiedlicher Art und Weise und auch für unterschiedliche Zwecke erfolgen. In Europa ist die Nutzung der Solarenergie zur Warmwassergewinnung und zur Unterstützung der Raumheizung mit herkömmlichen Flachkollektoren am weitesten verbreitet. Dabei reicht das Anwendungsspektrum von der einfachen Absorbermatte aus Kunststoff für die Schwimmbadbeheizung über die solare Trinkwassererwärmung bis hin zu Hochleistungskollektoren in komplexen Solarsystemen zur Heizungsunterstützung.

Neben diesen klassischen Anwendungen der Solarenergie hat sich in den letzten Jahren auch immer mehr die Nutzung der Solarenergie zur Erzeugung von Prozesswärme entwickelt. Hier arbeitet man meist mit sehr großen Kollektorfeldern und auch immer öfter mit speziell entwickelten Kollektoren, die ein höheres Temperaturniveau erreichen. Während der Einsatz von Solaranlagen für Warmwassergewinnung und solarer Heizungsunterstützung vornehmlich in Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhaushalten sowie in der Hotellerie und im Gastgewerbe Verwendung findet, werden Anlagen für Prozesswärme hauptsächlich in Gewerbe- und Industriebetrieben eingesetzt.

Eine weitere Anwendung sind solarthermische Kraftwerke, die sich meist im Megawatt-Leistungsbereich bewegen und die mit Hilfe eines thermodynamischen Kreis-

---

<sup>13</sup> Vgl. Blatter, M., (2011). S. 18.

prozesses aus mechanischer Energie mittels eines Generators elektrischen Strom gewinnen.<sup>14</sup>

Trotz der unterschiedlichen Anwendungen gestaltet sich der Aufbau dieser Solarsysteme ähnlich, wenngleich auch für jede dieser Anwendungen ein anderes Temperaturniveau benötigt wird.

Die Hauptkomponente einer solarthermischen Anlage ist der Kollektor. Dieser übernimmt die Umwandlung der elektromagnetischen Strahlungsenergie in thermische Innere Energie. Ein vollständiger Kollektorkreis besteht in der Regel aus Kollektoren, Verrohrung, Pumpen und Ventilen, Reglern, Sicherheitseinrichtungen wie Druckausdehnungsgefäßen oder Sicherheitsventilen, dem Wärmetauscher und dem thermischen Energiespeicher. Dieser Speicher wird benötigt, da das Solarenergieangebot einer stetigen Schwankung unterliegt und die Energienachfrage meist zeitlich nicht mit dem Angebot übereinstimmt.

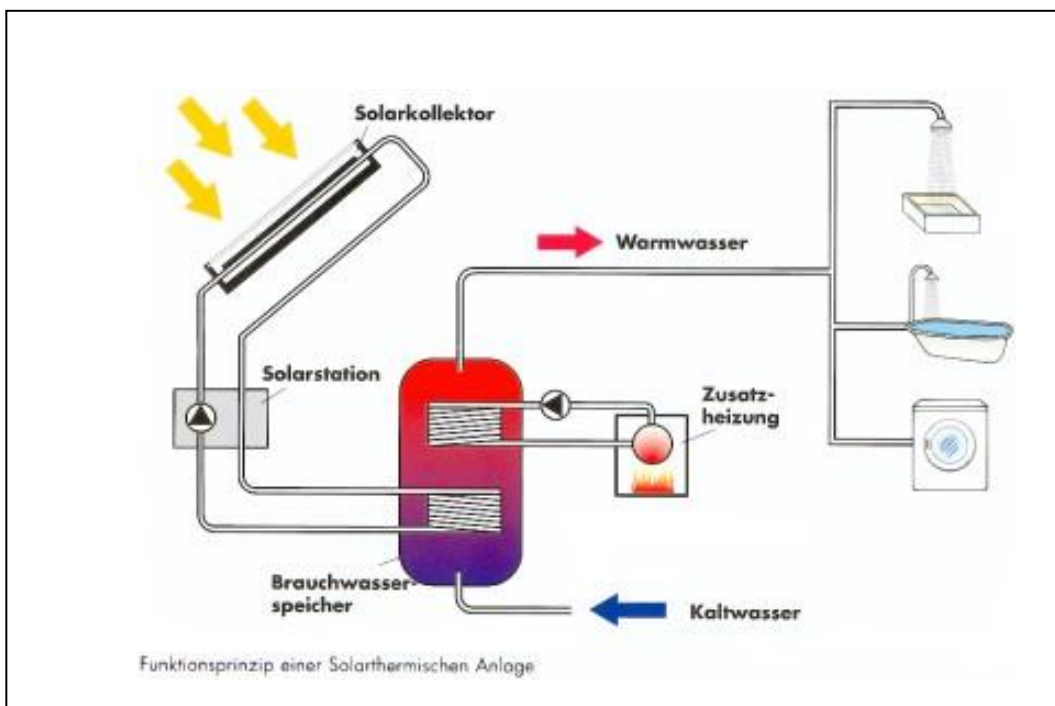


Abbildung 2-2: Aufbau einer Solaranlage<sup>15</sup>

<sup>14</sup> Vgl. Wesselak, V., Schabbach T., (2009). S. 255.

<sup>15</sup> Quelle: <http://www.profi-solar.de/solarwaerme/solarwaerme.html>.

Im Folgenden Kapitel wird auf die Hauptkomponente, dem Sonnenkollektor, näher eingegangen und dessen Aufgabe, Funktion und Kennwerte beschrieben.

### 2.2.1. Aufgabe, Funktion und Kennwerte des Sonnenkollektors

Der Kollektor ist der Motor der Solaranlage. In ihm erwärmt die Energie des Sonnenlichts einen Wärmeträger. Die entstehende Wärme wird durch den Kollektorkreis abgeführt und meist in einem Speicher zwischengelagert. Von dort wird sie je nach Bedarf den angeschlossenen Verbrauchern zugeführt.

Der am häufigsten in Verwendung befindliche Flachkollektor besteht aus drei Hauptkomponenten. Dem Absorber, welcher mittels einer hochselektiven Beschichtung das Sonnenlicht absorbiert, dies in Wärme umwandelt und anschließend an den Wärmeträger weitergibt. Der transparenten Abdeckung, welche meist aus einem eisenarmen, lichtdurchlässigen Glas besteht und die Aufgabe hat, den Absorber vor Witterungseinflüssen zu schützen und die Wärmeverluste am Kollektor zu minimieren. Und dem Rahmen, welcher mit der Wärmedämmung die Rückseite des Kollektors bildet.

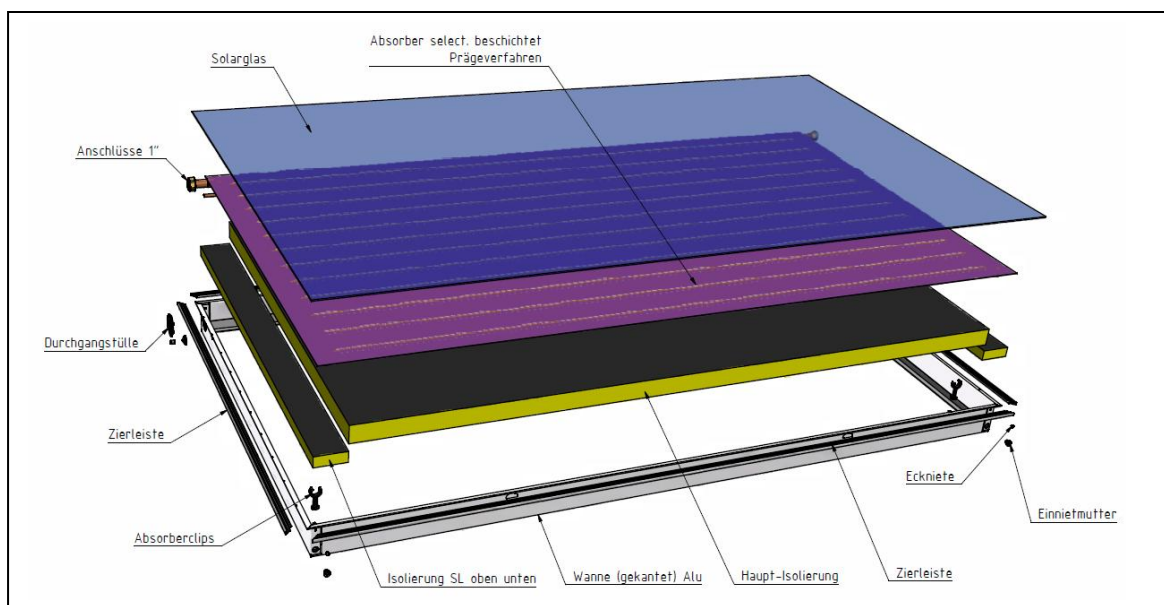


Abbildung 2-3: Aufbau eines Flachkollektors<sup>16</sup>

<sup>16</sup> Quelle: Zeichnung der Frima ESC Energy Systems Company GmbH, 9130 Poggersdorf.

Allen Bauformen gemein ist das Ziel, die Energie des Sonnenlichtes mit einem guten Wirkungsgrad in Wärme umzuwandeln und diese wiederum möglichst effizient zu den Verbrauchern zu bringen. Die Kollektorbauformen unterscheiden sich in ihrer Qualität, Leistungsfähigkeit, der Konstruktion und den Kosten beträchtlich. Die Eigenschaften und Konstruktionen werden dabei durch Kennlinien und Kennwerte beschrieben.

Zur korrekten Definition der Kollektoreigenschaften gehört eine vollständige Liste mit allen Kennwerten, da beim Fehlen einiger Kennwerte ein Vergleich und eine Berechnung mittels Simulationsprogrammen nicht möglich sind.

Die Wirkungsgradmessung erfolgt nach der DIN EN 12975 und wird anhand folgender mathematischer Gleichung berechnet.

$$\eta = \eta_0 - \frac{a_1(T_m - T_a)}{G^*} - \frac{a_2(T_m - T_a)^2}{G^*}$$

Der dimensionslose oder in % angegebene Kollektorstufenwirkungsgrad  $\eta$  beschreibt das Verhältnis von abgeführter Leistung aus dem Kollektor zur eintretenden Leistung. Er resultiert aus dem optischen und dem thermischen Wirkungsgrad.

Die Wärmeverlustkoeffizienten  $a_1$  und  $a_2$  sind keine physikalischen Größen, sondern nur als Faktoren zur Darstellung der Messpunkte innerhalb einer Kurve gedacht. Mit ihnen werden die thermischen Verluste des Kollektors beschrieben. Je höher der Koeffizient, desto geringer ist der Kollektorstufenwirkungsgrad bei steigenden Temperaturen. Typische Werte für einen herkömmlichen Flachkollektor sind  $a_1 = 3,387$  und  $a_2 = 0,011$ . Daraus resultiert ein Wirkungsgrad von  $\eta = 0,761$ .<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> Quelle: Prüfbericht AIT Austrian Institute of Technology Nr. 2.04.00784.1.0-1a-LT.



Um höhere Temperaturen zu erreichen und die Wärmeverluste zu minimieren wurden Kollektoren für mittlere Prozesswärme entwickelt. Im nächsten Kapitel werden diese näher beschrieben.

### **2.2.2. Sonnenkollektor für mittlere Prozesswärme**

Da die derzeit am häufigsten eingesetzten Kollektoren das erforderliche Temperaturniveau nicht mit entsprechendem Wirkungsgrad erreichen können oder sie nur für spezielle Anwendungen, wie für solarthermische Kraftwerke, ausgelegt wurden, wird nun vermehrt in die Entwicklung von Kollektoren für mittlere Prozesswärme investiert. Neben Vakuumröhrenkollektoren und Parabolrinnenkollektoren werden im Bereich der Prozesswärme auch Flachkollektor mit Mehrfachverglasung bzw. doppelter Kollektorabdeckung eingesetzt.

Der Aufbau dieses Kollektors ist dem, eines normalen Flachkollektors sehr ähnlich. Einziger Unterschied ist eine zusätzliche weitere transparente Schicht zwischen Glas und Absorber. Durch diese Zwischenschicht erhält der Kollektor nach vorne hin eine weitere Isolationsschicht und die Wärmeverluste werden dadurch minimiert. Setzte man hier anfangs noch eine zweite Glasscheibe ein so wird bei den aktuellen Modellen eine transparente, temperaturbeständige Folienisolierung eingespannt.

Mit dieser Kollektorkonstruktion erreicht man mittels niedrigeren Wärmeverlustkoeffizienten einen höheren Wirkungsgrad. Typische Werte für einen Kollektor mit doppelter Abdeckung sind  $a_1 = 2,580$  und  $a_2 = 0,009$ . Daraus resultiert ein Wirkungsgrad von  $\eta = 0,806$ .<sup>18</sup>

## **2.3. Anwendungen solarthermischer Anlagen**

Das Anwendungsgebiet für solarthermische Anlagen ist breit gefächert. Überall dort wo man Wärme benötigt, und es die entsprechenden Voraussetzungen hinsichtlich Einstrahlung und Aufstellungsmöglichkeit gibt, wäre ein Einsatz von thermischen Solaranlagen möglich. Natürlich spielt hier neben den umweltrelevanten Aspekten

---

<sup>18</sup> Quelle: Prüfbericht AIT Austrian Institute of Technology Nr. 2.04.00518.1.0.

vor allem die Wirtschaftlichkeit eine große Rolle. Auf diese wird allerdings erst in Kapitel 4 näher eingegangen.

In den industrialisierten Ländern werden ca. 40 % der Endenergie für den Niedertemperaturwärmebedarf benötigt.<sup>19</sup> Dies ist auch speziell das Einsatzgebiet der thermischen Solarenergie. Überwiegend betrifft dies die Raumheizung und das Warmwasser für kleine Haushalte sowie für größere Objekte in Form von Nahwärmanlagen und für die Niedertemperaturprozesswärme von Industrie und Gewerbebetrieben. In den folgenden drei Kapiteln werden diese unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten der thermischen Solarenergie näher vorgestellt.

### **2.3.1. Solaranlagen für Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäuser**

Im Bereich der einzelnen Haushalte reicht das Einsatzgebiet der Solarenergie von der Schwimmbaderwärmung über die Brauchwassererwärmung bis hin zur Heizungsunterstützung. In Österreich sind etwa 95 % der installierten Kollektorfläche in privaten Haushalten zur Warmwassererwärmung und Heizungsunterstützung installiert.<sup>20</sup> Diese Anlagen bestehen meist aus 6 bis 8 m<sup>2</sup> Kollektorfläche für die Brauchwassererwärmung und 15 bis 25 m<sup>2</sup> für die Unterstützung der Raumheizung. Bei Mehrfamilienhäusern bzw. bei mehrgeschossigem Wohnbau kann die Größe der Solaranlage auch mehreren 100 m<sup>2</sup> erreichen.

Man ging viele Jahre davon aus, dass nur die Erwärmung von Trinkwasser eine sinnvolle Nutzung der Sonnenenergie darstellt. Über das Jahr gesehen ist der Warmwasserbedarf in etwa gleichbleibend, weshalb man speziell im Sommer das große solare Angebot effizient nutzen kann. Für diese Anwendungen werden solare Deckungsanteile von ungefähr 60 – 70 % erreicht. Dennoch werden immer mehr Solaranlagen für die Unterstützung der Raumheizung eingesetzt. Man tut dies hauptsächlich in der Übergangszeit wie im Frühjahr und im Herbst.<sup>21</sup> Bei der sogenannten Heizungsunterstützung erreicht man einen solaren Deckungsanteil von 20 – 30 %.

---

<sup>19</sup> Vgl. Rebhan, E. (2002). S. 303.

<sup>20</sup> Vgl. Verband Austria Solar (Hrsg.), Detail – Infos zum Solarmarkt Österreich, (2010). S. 2.

<sup>21</sup> Vgl. Remmers, K. H. (2001). S. 9.

Eine hundertprozentige Deckung des Heizbedarfs durch Solarenergie ist nur durch die Verwendung eines saisonalen Speichers möglich. Saisonale Speicherung bedeutet die Speicherung der Wärme im Sommer für den Einsatz im Herbst und im Winter.<sup>22</sup> In Deutschland und Österreich wurden bereits einige Projekte verwirklicht.

### **2.3.2. Solaranlagen für Hotellerie und Gastgewerbe**

Das Hotel- und Gastgewerbe bietet eine hervorragende Möglichkeit für den Einsatz von thermischer Solarenergie. Speziell im Bereich der Warmwasseraufbereitung gibt es im Sommertourismus ideale Einsatzbedingungen. In diesem Bereich deckt sich das Energieangebot der Sonne perfekt mit der Auslastung des Tourismusbetriebes. Neben der Warmwasseraufbereitung für Brauchwasser und Duschen besteht auch die Möglichkeit, die Küche, eine eventuell vorhandene Wäscherei oder einen Wellnessbereich einzubinden. Ebenso trifft dies auch auf Freizeitparks zu. Hier decken sich die solare Beheizung von Freibädern sowie die Erwärmung des Brauchwassers in den Duschen mit dem solaren Strahlungsangebot.

Aus technischer Sicht unterscheiden sich Solaranlagen für Hotellerie und Gastgewerbe nicht von Kleinanlagen für Haushalte. Die wesentlichen Komponenten sind gleich, lediglich die Anlagengröße differenziert diese Systeme. Die Größe dieser Anlagen richtet sich prinzipiell nach dem Warmwasserbedarf und dem gewünschten solaren Deckungsgrad. Die bereits realisierten Anlagen bewegen sich meist zwischen einer Kollektorfläche von 50 bis 200 m<sup>2</sup> und erreichen solare Deckungsgrade zwischen 40 und 70 %.

Neben den wirtschaftlichen Vorteil einer gut geplanten thermischen Solaranlage hat dies speziell im Tourismus eine plakative Werbewirksamkeit und zeigt den Gästen einen schonenden Umgang mit der Natur.

### **2.3.3. Großanlagen für Nahwärmesysteme**

Unter solarer Nahwärme versteht man die Versorgung mehrerer Gebäude über ein Nahwärmenetz mit Wärme von einer zentralen Heizzentrale aus. Das Einsatzgebiet

---

<sup>22</sup> Vgl. Solarpraxis AG, (Hrsg.), ( 2006). S. 4f.

umfasst vor allem Krankenhäuser, Mehrfamilienhäuser, Schulen, Siedlungsgebiete, Sport- und Erholungsstätten und Wohnheime. In den Gebäuden wird die gelieferte Wärme zur Brauchwassererwärmung und zur Raumheizung genutzt. Bei Nahwärmesystemen werden meist ein großes Kollektorfeld und ein Speicher mit großem Puffervolumen mit einem lokalen Wärmenetz kombiniert.<sup>23</sup>

Speziell hervorzuheben ist die Verwendung in Siedlungsgebieten zur Trinkwassererwärmung und zur Unterstützung der Raumheizung. Hier können Solaranlagen, die mit lokalen Wärmenetzen kombiniert werden, solare Deckungsgrade bis zu 50 % erreicht werden. Ein solcher Deckungsgrad wäre bei einzelnen Objekten nur mit einem enormen Aufwand möglich.

Bei solaren Nahwärmenetzen kann die Speicherung der Wärme in einem zentralen Speicher zusammengefasst werden. Dadurch sinken die spezifischen Kosten für das einzelne Objekt und dies wiederum wirkt sich positiv auf den Wärmepreis aus.<sup>24</sup> Dies gilt speziell für den Wärmespeicher. Je größer der Speicher ausgelegt und umgesetzt wird, desto geringer sind seine spezifische Energieverluste und Herstellungskosten.

Die Vorteile einer solaren Nahwärmeversorgung bestehen erstens darin, dass auch Gebäude, die keine geeignete Lage für eine Solaranlage besitzen, mit Solarenergie versorgt werden können und zweitens, wie bereits erwähnt, die Kosten pro m<sup>2</sup> Kollektorfläche günstiger sind als bei mehreren kleineren Hausanlagen. Drittens besteht die Möglichkeit einer Erweiterung und dadurch eine Erhöhung des solaren Deckungsanteils.

#### **2.3.4. Solare Prozesswärme**

Die meisten industriellen Herstellungsprozesse benötigen thermische Energie. Einen Großteil dieser thermischen Energie wird durch Verbrennung von Erdöl, Erdgas oder Kohle bereitgestellt. Auch hier ist der Einsatz von solarthermischen Anlagen möglich und kann eine signifikante Veränderung seitens der Kohlenstoffdioxidemission bei

---

<sup>23</sup> Vgl. Hadamovsky, H. F.; Jonas, D. (2000). S. 272.

<sup>24</sup> Vgl. Remmers, K. H. (2001). S. 17.

gleichzeitiger Erhöhung der Energieeffizienz bringen. Vor allem industrielle Prozesse im Niedertemperaturbereich kommen für eine solarthermische Unterstützung in Frage. Der infrage kommende Temperaturbereich liegt bei der industriellen Nutzung der Solarenergie bis 200 °C. In Deutschland und Österreich fallen ca. 20 % des industriellen Prozesswärmebedarfes in diesen Temperaturbereich.<sup>25</sup>

Unter Berücksichtigung der relevanten benötigten Temperaturen wären für eine mögliche solarthermische Anwendung folgende industrielle Prozesse von Bedeutung:

- Bereitstellung von Heißwasser und Dampf für Wasch- und Kochprozesse
- Trocknungs- und Entwässerungsverfahren für Lebensmittel, Früchte und Pflanzen
- Einsatzstoff- und Materialvorwärmung
- Eindampfung und Destillation
- Blanchieren
- Pasteurisieren und Sterilisieren
- Bleichen und Färben
- Heizung von Industriehallen

Diese Prozesse bzw. Verfahren kommen in praktisch jeder Industriesparte vor. Es gibt allerdings auch Sparten, bei denen Hochtemperaturprozesse dominieren und es daher sinnvoller ist die Versorgung der Niedertemperaturprozesse durch Wärmehückgewinnung zu erzielen. Vor allem in der Eisen- und Stahlerzeugung ist dies der Fall.

Die Nutzung der Solarenergie in Produktionsprozessen steht noch am Anfang. Dennoch gibt es Branchen wie die Lebensmittelindustrie, die Chemische Industrie oder die Textilindustrie mit ausreichend Niedertemperaturprozessen, welche ein breites Einsatzgebiet für Solarenergie bieten.

---

<sup>25</sup> Vgl. Rebhan, E. (2002). S. 303.

Es gibt allerdings auch einige Faktoren, die eine solarthermische Anwendung schwierig machen. So kann die Wärme nicht verlustarm über eine weitere Entfernung transportiert werden. Es muss also der Standort der Anwendung eine entsprechende günstige solare Einstrahlung bieten und es muss auch die benötigte Fläche zur Aufstellung eines Kollektorfeldes vorhanden sein. Des Weiteren sind auch statische Voraussetzungen zu erfüllen. Nicht jedes Industriehallendach ist für die zusätzliche statische Belastung durch eine Solaranlage geeignet und eine bauliche Änderung könnte den wirtschaftlichen Kostenrahmen sprengen.

Ein weiterer Faktor ist die konkurrierende Abwärme anderer Prozesse. Der Wirkungsgrad von Sonnenkollektoren nimmt mit steigender Temperatur ab. Das heißt je größer der Temperaturunterschied zwischen Kollektortemperatur und Außentemperatur wird, desto größer wird auch der Wärmeverlust am Kollektor, womit der Wirkungsgrad des Kollektors sinkt. Demnach wäre es sinnvoll Prozesse mit einem niedrigen Temperaturniveau als Zielprozesse anzusehen. Hier wird jedoch oftmals die Abwärme anderer Prozesse genutzt.

Ebenso zu beachten ist die nicht gesicherte Bereitstellung von solarthermischer Energie. Es existiert hier eine tages- und jahreszeitlich wechselnde Verfügbarkeit der solaren Strahlung. Auch das Wetter spielt dabei eine Rolle. Aufgrund dieses Versorgungsrisikos muss für diese Perioden eine hundertprozentige Ersatztechnologie vorhanden sein. Das bedeutet, dass die konventionelle Energieversorgung, trotz einer Solaranlage, vorhanden sein muss.

### 3. Marktpotentialanalyse

Im Zuge einer Marktpotentialanalyse im Großraum Klagenfurt soll eine Beurteilung der gegenwärtigen Möglichkeiten in Hinblick auf den Einsatz der solaren Prozesswärme durchgeführt werden. Zweck der Marktpotentialanalyse ist es, zu dem momentanen Zeitpunkt die Verhältnisse auf einem räumlich und leistungsmäßig bestimmten Teilmarkt zu erforschen.<sup>26</sup>

Um diese Potentialanalyse durchführen zu können bedarf es als Basis der Identifizierung der relevanten Prozesse. Aufbauend auf diese muss darauf einerseits eine Analyse der allgemeinen Anwendungsgebiete für mittlere Prozesswärme in der Industrie und im Gewerbe durchgeführt werden und andererseits eine Betrachtung des Wirtschaftsstandortes Großraum Klagenfurt und die entsprechende Zuordnung der analysierten, relevanten Prozesse zu den einzelnen Unternehmen erfolgen.

#### 3.1. Identifizierung der relevanten Prozesse

Um den Energiebedarf für industrielle Prozesse zu decken werden verschiedene Energiearten eingesetzt. Diese können entweder direkt verwendet werden, wie Fernwärme oder Elektrizität, oder müssen zur Nutzung umgewandelt werden, wie z.B. Öl, Gas, Kohle, Wind und auch Solarenergie. In solchen Umwandlungsprozessen kommt es immer zu Verlusten, da eine 100 prozentige Umwandlung bzw. Nutzung technisch nicht realisierbar ist. Um relevante Prozesse zu identifizieren ist es unumgänglich die Wirkungsgrade der Umwandlung zu betrachten.

Des Weiteren spielen die solarspezifischen Eigenschaften eine wichtige Rolle bei der Integration von Solarwärme. So müssen bei der Nutzung von Solarwärme das Temperaturniveau, die zur Verfügung gestellte Wärme, die Abhängigkeit der Solarenergie von tages- und jahreszeitlichen Schwankungen sowie das Wärmeprofil der industriellen Anwendung berücksichtigt werden.

---

<sup>26</sup> Vgl. Lechner K., Egger A., Schauer R, (2006). S. 479.

Nachfolgende Auflistung gibt einen Überblick über Prozesse mit einem großen Potential für solarthermische Anwendungen, da sich diese hauptsächlich im Nieder-temperaturbereich befinden.

- Heißwasser und Dampf
- Trocknungsverfahren
- Material-Vorwärmung
- Eindampfen
- Pasteurisieren und Sterilisieren
- Chemische Reaktionen
- Heizung für Industriehallen
- Bleichen und Färben
- Extrahieren
- Schmelzen
- Kühlprozesse und Klimatisieren
- Blanchieren

Anhand dieser Auflistung lässt sich deutlich erkennen, dass sich in Industrie- und Gewerbebetrieben eine Reihe von Herstellungs- oder Bearbeitungsprozessen im Temperaturbereich bis 200 °C bewegen. Die Anwendungsgebiete für diese Prozesse gilt es zu isolieren und anschließend den entsprechenden Unternehmenssektoren zuzuweisen.

In den nachfolgenden Kapiteln werden die einzelnen Prozesse beschrieben, analysiert und auf die Prozesstauglichkeit hinsichtlich der Anwendung der Nutzung von Solarenergie geprüft.



### 3.1.1. Anwendungsgebiete für mittlere Prozesswärme

Hat man die in Frage kommenden Prozesse identifiziert, so ist der nächste Schritt, diese genau zu analysieren, auf die Tauglichkeit für eine solarthermische Integration zu prüfen und die Anwendung der Prozesse in den einzelnen Branchen aufzuzeigen. Wesentlich dabei ist es, bei diesen verfahrenstechnischen Grundoperationen, die spezielle Anwendung aufzuzeigen und das benötigte Temperaturniveau zu bestimmen. In diesem Kapitel sollen die Prozesse beschrieben werden und ihr Einsatz hinsichtlich der Branche und des benötigten Temperaturniveaus aufgezeigt werden.

#### Heißwasser und Dampf

In Bezug auf die solare Prozesswärme liegen die nutzbaren Prozesse, in denen Heißwasser und Dampf benötigt werden, zwischen 50 °C und 120 °C. Diese Prozesse sind unter anderem Kochen, Dämpfen, Darren, Waschen und Reinigen.

Kochen ist eine Wärmebehandlungstechnik in der Lebensmittelindustrie. Sie verändert die Struktur, die Farbe und den Feuchtegehalt des Produktes.<sup>27</sup> In der Industrie wird das Kochen speziell zur Herstellung von Fertigprodukten der Fleischindustrie angewandt. In Brauereien etwa wird das Bier in den Sudkesseln auf nahezu 100 °C erwärmt.

Typische Verbraucher von großen Mengen warmen Wassers sind Wasch- und Reinigungsprozesse. Diese Prozesse kommen in fast allen Industrie- und Gewerbebetrieben vor. Unter die geeigneten Prozesse fallen hier etwa die Flaschenreinigung in der Lebensmittelindustrie aber auch Autowaschanlagen, welche ebenfalls einen enormen Warmwasserverbrauch aufweisen. Bei Brauereien beispielsweise wird die meiste Wärmemenge für die Reinigung der Flaschen benötigt. Hierfür muss die Temperatur mindestens 95 °C betragen.

In der metallverarbeitenden Industrie werden genauso Wasch- und Reinigungsprozesse angewendet. Zum Beispiel müssen die Oberflächen von Metallteilen vor spe-

---

<sup>27</sup> Vgl. European Commission, IPPC, BAT in the Food, Drink and Milk Industries, (2006). S. 160.

ziellen Bearbeitungsschritten wie Lackieren, Galvanisieren oder Emaillieren gereinigt werden.

Die thermische Solarenergie findet hier ideale Einsatzbedingungen. Der Temperaturbereich entspricht genau dem Einsatzbereich einer Solaranlage. Im Detail muss man bei diesen Prozessen noch die saisonale Einsatzzeit und die entsprechende Möglichkeit der Anbringung einer Solaranlage betrachten. Ein weiterer Faktor ist natürlich die Betrachtung der vorhandenen Prozesse und die dadurch entstehende Möglichkeit einer Wärmerückgewinnung. Diese Möglichkeit würde in Konkurrenz mit einer solarthermischen Anlage stehen.

### **Trocknungsverfahren**

Die Trocknung wird definiert als „Verdampfung von Wasser“ oder genauer noch „Trennung von anhaftender Flüssigkeit (Feuchte) von Feststoffen“. Dieser Prozess der Trocknung findet sehr häufig Anwendung im Gewerbe und in der Industrie. Die Anwendungsgebiete sind hier jedoch sehr stark unterschiedlich.

In der Lebensmittelindustrie ist die Trocknung eine der ältesten Konservierungsmethoden. Durch Hitzeeinwirkung wird den Lebensmitteln, wie Obst, Gemüse, Fleisch oder Fisch ein Großteil des Wassers entzogen. Dadurch verzögert sich der Verderbnisprozess und die Lebensmittel werden länger haltbar.<sup>28</sup> Bei der Milchverarbeitung wird mittels Trocknung Magermilchpulver, Buttermilchpulver, Molkenpulver und Molkenpermeat hergestellt. Hier wird zur Trocknung die Sprüh- oder Walzentrocknung eingesetzt.<sup>29</sup> Weitere Trocknungsprozesse in der Lebensmittelbranche gibt es bei den Back- und Teigwaren und der Malzherstellung.

Neben der Lebensmittelindustrie werden auch in der Papierindustrie Trocknungsprozesse benötigt. Papier und Produkte auf Papierbasis wie Karton werden in mehreren Arbeitsschritten hergestellt. Die wesentlichen Arbeitsschritte sind Blattschöp-

---

<sup>28</sup> Quelle: <http://www.lebensmittellexikon.de/t0000350.php> am 28.02.2012.

<sup>29</sup> Vgl. M. H. Schaper GmbH & Co KG (Hrsg.), Supplemente zu Vorlesung und Übungen in der Tierernährung (2004). S. 96.

fung, die Pressung und das Trocknen. Der benötigte Temperaturbereich liegt hier bei 110 °C – 240 °C.

Im gewerblichen Bereich werden Trocknungsanlagen in Karosserie und Spenglerbetrieben benötigt. Hier werden in Trocknungskammern bei Temperaturen von 50 – 70 °C lackierte Karosserieteile getrocknet. Des Weiteren werden auch im kunststoffverarbeitenden Gewerbe Trocknungsverfahren eingesetzt. Etwa das Trocknen von Granulat ist ein häufiger Prozess in der Kunststoffverarbeitung, da viele Kunststoffe vor der Weiterverarbeitung getrocknet werden müssen.

### **Material-Vorwärmung**

Unter Material-Vorwärmung versteht man die Erwärmung der Einsatzstoffe bzw. Einsatzmaterialien von der Lagertemperatur auf die benötigte Verarbeitungstemperatur. Durch den meist niederen Temperaturbedarf bestehen hier einerseits ideale Anwendungsbedingungen für die thermische Solarenergie, andererseits wird diese Wärme auch oftmals von der Abwärme anderer Prozesse bereitgestellt.<sup>30</sup>

Zum Einsatz kommt die Vorwärmung einerseits in der Lebensmittelindustrie, wo für diesen Prozess Temperaturen von 20 °C – 60 °C benötigt werden und andererseits in der chemischen Industrie, wo man für das Aufheizen von Stoffen ungefähr 60 °C benötigt.<sup>31</sup> In beiden Fällen bietet das Temperaturniveau ideale Voraussetzungen für eine solare Anwendung.

### **Eindampfen**

Ziel des Eindampfens ist es, die Konzentration eines Stoffes durch Verdampfen des Lösungsmittels zu erhöhen oder auch die Rückgewinnung des Lösungsmittels. Der Prozess des Eindampfens ist mit dem Trocknungsprozess vergleichbar, im Unterschied zu diesem ist beim Eindampfen jedoch eine wesentlich höhere Menge an

---

<sup>30</sup> Vgl. Schnitzer H. et al. Solare Prozesswärme (2007). S. 21.

<sup>31</sup> Quelle: Industrie Workshop „Solarwärme für industrielle Prozesse“ am 12.09.2007.

Flüssigkeit vorhanden.<sup>32</sup> Einsatz findet dieses Verfahren in der Lebensmittelindustrie, Chemieindustrie, Papierindustrie und der Textilindustrie.

Die Eindampfanlage muss große Energiemengen bei einer kleinen Heizfläche wirtschaftlich übertragen. Es werden dazu zwei Arten von Verdampfern verwendet.<sup>33</sup>

Offene Typen:

- Kessel
- Pfannen

Geschlossene Typen:

- Röhrenverdampfer
- Plattenverdampfer
- Dünnschichtverdampfer
- Entspannungsverdampfer

In der Lebensmittelindustrie wird meist vor dem Trocknungsprozess der Wasseranteil durch das Eindampfen minimiert. Nur dadurch ist es technisch möglich bei der anschließenden Trocknung die gewünschte Textur des Lebensmittels zu erhalten. Dies betrifft vor allem Lebensmittel wie z. B. Obstsäfte, Milch und Milchprodukte, Kaffeeextrakt und Malzextrakt.<sup>34</sup>

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Einsatzbereiche von Eindampfertypen und deren Charakteristika.

---

<sup>32</sup> Vgl. Christen, D. S., (2010). S. 459.

<sup>33</sup> Vgl. Schuchmann, H. P.; Schuchmann, H., (2005). S. 135.

<sup>34</sup> Vgl. Ebda. S. 135.

Eindampfertyp	Besonderheiten /Vorteile	Einsatz	Industrien
Fallfilm	Kurze Verweilzeit Kleiner Druckverlust Keine hydraulische Höhe Geringer Flüssigkeitsinhalt	Wärmeempfindliche Produkte Kleiner Arbeitsdruck Kleine Temperaturdifferenz Hoher Durchsatz	Chemische Lebensmittel Pharmazeutische Petrochemie
Zwangsumlauf	Hohe Strömungsgeschwindigkeit Wenig verschmutzungsanfällig Kein Sieden in den Rohren Größter Lastbereich	Produkt und Verschmutzungsneigung Flüssigkeit mit Feststoffanteil Flüssigkeit mit Salzausfall	Chemische Umweltschutz Pharmazeutische Lebensmittel
Naturumlauf	Kurze Rohre Keine Zirkulationspumpe	Bei einfachen Anwendungen Wärmeunempfindliche Produkte Geringe Produktviskosität	Chemische Pharmazeutische Petrochemie
Steigfilm	Lange Verdampferrohre Geringe Kapitalkosten	Schäumende Produkte Hohe Produktviskosität	Chemische

Tabelle 3-1: Einsatzgebiet und Besonderheiten von Eindampfertypen.<sup>35</sup>

Im Bereich der Lebensmittelindustrie werden die Steigfilmverdampfer zunehmend von den Fallfilmverdampfern, die mit einer kleineren Temperaturdifferenz und einem kleineren Temperaturniveau arbeiten, verdrängt. Dies kommt der Solarenergie entgegen, da diese speziell bei einem niedrigen Temperaturniveau sehr hohe Wirkungsgrade aufweisen.

<sup>35</sup> Vgl. Schuchmann, H. P.; Schuchmann, H., (2005). S. 136.

Produkt	Temperatur [°C]
Fruchtsaft	40 – 70
Zuckersaft unter Druck	105 – 129
Zuckersaft im Vakuum	55 – 104

Tabelle 3-2: Temperaturen von Eindampfprozessen in der Lebensmittelbranche<sup>36</sup>

Ein weiterer Bereich der hier auch erwähnt gehört ist die Meerwasserentsalzung. In vielen Regionen ist dieser Prozess zur Notwendigkeit geworden und aufgrund der meist südlichen Lagen bietet sich hier auch eine hervorragende Basis für die Anwendung der Solarenergie an.

### Pasteurisieren und Sterilisieren

Eine weitere Möglichkeit, die Haltbarkeit von Lebensmitteln zu erhöhen, ist das Pasteurisieren. Hier werden die Lebensmittel auf weniger als 100 °C erhitzt, wobei vegetative Formen abgetötet werden. Es werden also nicht alle Mikroben und Bakterien zerstört und man erhält ein begrenzt haltbares Produkt welches je nach Produktart im Kühlfach gelagert werden muss. Die Dauer der Erhitzung gibt beim Pasteurisieren das Temperaturniveau vor und hängt von der Produktart ab. Bei einer Kurzzeiterhitzung von 30 – 40 Sekunden, werden die Lebensmittel auf 71 °C – 75 °C erhitzt. Bei 85 °C – 90 °C reicht bereits eine Erhitzungsdauer von 1 – 4 Sekunden. Dies betrifft unter anderem Früchte, Obstsäfte, Sauerkraut, Joghurt und Essiggurken.<sup>37</sup>

Beim Sterilisieren werden bei Temperaturen von 115 °C – 130 °C alle Mikroben und Bakterien abgetötet. Durch diesen Prozess erhält man im Bereich der Lebensmittel ein stabiles Produkt, welches in trockenen Räumen bei Raumtemperatur zwischen 1 und 5 Jahren haltbar ist.

<sup>36</sup> Quelle: Joanneum Research - Institut für nachhaltige Techniken und Systeme (JOINTS), 2010. Matrix of Industrial Process Indicators: Evaporation & distillation. [http://energy-in-industry.joanneum.at/energy-in-industry/index.php/Evaporation\\_%26\\_distillation](http://energy-in-industry.joanneum.at/energy-in-industry/index.php/Evaporation_%26_distillation) am 21.02.2012.

<sup>37</sup> Vgl. Heiss, R. (Hrsg.), (2004). S. 556.

## **Chemische Reaktionen**

Unter einer chemischen Reaktion versteht man die Veränderung von Stoffen hinsichtlich ihrer Art, Eigenschaft und Zusammensetzung. Es gibt hier einige Prozesse, die im Nieder- und Mitteltemperaturbereich stattfinden. In der chemisch-pharmazeutischen Industrie laufen zahlreiche Prozesse im Temperaturbereich von ca. -25 °C bis +160 °C ab.<sup>38</sup>

## **Heizung für Industriehallen**

Dieser Bereich fällt in das klassische Anwendungsgebiet der Solarthermie. Sie ist ähnlich einer Raumheizung eines Einfamilienhauses. Bei entsprechender Lage und verfügbarer Dachfläche ist nahezu jede Industriehalle solar beheizbar. Konkurreierend ist hier nur die Wärmerückgewinnung aus eventuell anderen benötigten Prozessen.

Vor allem in diesem Bereich wurden schon einige Solaranlagen realisiert. Im Raum Klagenfurt Land existiert z. B. eine kleine Industriehalle mit 100 m<sup>2</sup> Kollektorfläche und einem saisonalen Pufferspeicher mit 120 m<sup>3</sup>. Mit dieser Anlage wird eine Halle mit 500 m<sup>2</sup> Fläche bzw. 3500 m<sup>3</sup> Volumen beheizt. Da die Anlage bereits im Jahr 2000 errichtet wurde und es zu dieser Zeit keine entsprechenden Subventionen gab, beläuft sich die Amortisationszeit dieser Solaranlage auf 21 Jahren.

Eine solare Heizung der Industriehalle ist einer der ersten Schritte einer wirtschaftlichen Anwendung von Solarenergie und schafft somit auch das Bewusstsein für weitere solare Anwendungen.<sup>39</sup> Des Weiteren besteht auch die werbewirksame Verwendung der gut sichtbaren Solaranlage und verstärkt das Image von Nachhaltigkeit und Umweltschonung

## **Bleichen und Färben**

Bleichen bedeutet unerwünschte Farbstoffe aus dem bearbeiteten Rohstoff zu entfernen. Es wird also ein gewünschter Weißgrad angestrebt. Verwendung findet die-

---

<sup>38</sup> Vgl. Thier, B., (1997). S. 474.

<sup>39</sup> Vgl. Schnitzer H. et al. Solare Prozesswärme (2007). S. 27.

ser Prozess in der Textilindustrie, der Papierindustrie sowie auch in der Lebensmittelindustrie.

In der Papierindustrie wird der Zellstoff je nach Stoffdichte über Pumpen, Stoffverteiler oder Förderschnecken in den Bleichturm eingetragen. Danach läuft der Bleichprozess kontinuierlich bei Temperaturen bis ca. 95 °C unter Zugabe von Bleichchemikalien wie Sauerstoff, Ozon oder Peroxid ab.<sup>40</sup>

In der Textilindustrie wird Baumwolle oder Flachs mittels Wasserstoffperoxid gebleicht. Nach dem Bleichschritt werden die verwendeten Bleichmittel wieder herausgewaschen. Das Temperaturniveau im Bleichbad beträgt ungefähr 40 °C bis 70 °C und Bleichdauer ca. 40 Minuten.<sup>41</sup> Das Färben von Textilien ist ebenfalls ein Niedertemperaturprozess. Durch das Einwirken von Farbmitteln erhalten die Textilien die gewünschte Farbe. Folgende Tabelle zeigt die unterschiedlichen Textilgewebe und die benötigte Temperatur im Zusammenhang mit dem verwendeten Färbemittel.

Faser	Beispiel für Farbstoff	Temperatur [°C]
Pflanzenfaser	Reaktivfarbstoff	40 – 80
	Schwefelfarbstoff	60 – 110
Wolle	Chromfarbstoff	Bis 80
	Reaktivfarbstoff	65 – 70
Polyamidfaser	Säurefarbstoff	70 – 80
	Reaktivfarbstoff	Ca. 95
Polyesterfaser	Dispersionsfarbstoff	100 – 135
Acrylfaser	Dispersionsfarbstoff	Bis 100
	Kationenfarbstoff	100 - 102

Tabelle 3-3: Temperaturniveau beim Färben für unterschiedliche Fasern<sup>42</sup>

Wie in Tabelle 3 ersichtlich sind beim Färben von Textilien nur wenige Prozesse mit einem Temperaturniveau über 100 °C vorhanden.

<sup>40</sup> Quelle: [www.vega.com/de/Anwendung\\_Bleichprozess.htm](http://www.vega.com/de/Anwendung_Bleichprozess.htm) vom 10.03.2012 10:30

<sup>41</sup> Vgl.: EIPPCB, (2003). S. 135.

<sup>42</sup> Vgl.: Schnitzer H. et al. Solare Prozesswärme (2007). S. 28.



## Extrahieren

In der Lebensmittelindustrie ist die Extraktion ein wichtiger Trennprozess. Extraktion ist ein physikalisches Trennverfahren, wobei die Zugabe eines Lösungsmittels den Phasenzustand des abzutrennenden Stoffes verändert. Dieser Stoff löst sich im Lösungsmittel, während der Rest der Verbindung im Ausgangszustand verbleibt.<sup>43</sup> In der Ölindustrie wird dieser Prozess schon sehr lange eingesetzt, da sich Öl aus Sojabohnen, Mais oder Reiskleie nicht durch Pressen separieren lässt. Gewürzöle in der Aromaindustrie werden ebenfalls durch Extrahieren gewonnen.

In der Zuckerindustrie wird ebenfalls auf diesen Prozess zurückgegriffen. Speziell bei der Verarbeitung von Rüben wird mittels Extraktion separiert. Das Temperaturniveau bei der Zuckerextraktion bewegt sich zwischen 70 °C und 78 °C.<sup>44</sup>

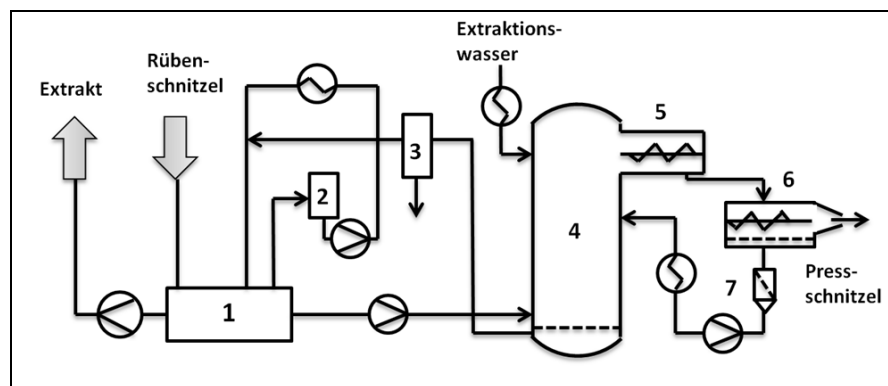


Abbildung 3-1: Turm-Extraktionsanlage der Braunschweigischen Maschinenbauanstalt

- |                                     |                                   |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 Gegenstrom-Schnitzelmaischapparat | 4 Extraktionsturm                 |
| 2 Entschäumungsgefäß                | 5 Transportschnecke               |
| 3 Sandabscheider                    | 6 Schnitzelpresse                 |
|                                     | 7 Pulpeabscheider für Presswasser |

<sup>43</sup> Vgl. Toledo, R. T., (2004). S. 325

<sup>44</sup> Vgl. Hofmann, H., Mauch, W., Untze W., (2004). S. 27.

## Schmelzen

Der Begriff des Schmelzens bezeichnet den direkten Stoffübergang vom festen in den flüssigen Aggregatzustand. Die Temperatur des Stoffes bleibt während des Prozesses trotz Wärmezufuhr konstant. Das Schmelzen selbst wird in der Industrie meist zur Weiterverarbeitung oder Trennung angewendet.

In diesem Kontext bezieht sich das Schmelzen auf die Lebensmittelindustrie, im Speziellen auf die Herstellung von Zuckerwaren. In dieser Branche ist dieser Prozess weit verbreitet. In der Zuckerindustrie werden sogenannte Fondanterzeugnisse hergestellt. Der Begriff Fondant leitet sich von dem französischen Wort „fondre“, was so viel wie schmelzen bedeutet, ab. Der Temperaturbereich für diesen Prozess liegt bei 118 °C – 121 °C.<sup>45</sup> Auch in der Käseproduktion wird dieser Prozess eingesetzt. Dort belaufen sich die Temperaturen auf ca. 75 °C.

## Kühlprozesse und Klimatisieren

Die Prozesse Kühlen und Klimatisieren nehmen immer mehr an Bedeutung zu. Im Zusammenhang mit der Solarenergie gibt es hier bereits seit einigen Jahren eine eigenständige Sparte, die sich ausschließlich mit solarem Kühlen beschäftigt. Im Bereich der Absorptionskältemaschinen werden derzeit vier marktreife Geräte, welche speziell für solare Anwendungen konstruiert wurden, angeboten.

Die Technologie der solaren Klimatisierung basiert auf der Nutzung der thermischen Energie als Antriebsenergie der Kälteerzeugung. Man verwendet hier zwei unterschiedliche Technologien die Absorptionskältemaschine, der Adsorptionskältemaschine und der sorptionsgestützten Klimatisierung mit und ohne Flüssigsorption.

Bei der Absorptionskältemaschine verdampft ein Kältemittel bei niedrigem Temperatur- und Druckniveau. Dabei wird durch das Kältemittel Wärme aufgenommen und die gewünschte Kühlung erzeugt. Der Prozess der Adsorption funktioniert prinzipiell

---

<sup>45</sup> Vgl. Hofmann, H., Mauch, W., Untze W., (2004). S. 117f.

gleich wie der der Absorption mit dem Unterschied, dass der Verdichter nicht elektrisch betrieben, sondern durch einen thermischen Prozess ersetzt wird.<sup>46</sup>

Das Einsatzgebiet für solare Kühlung umfasst prinzipiell alle Sparten der Industrie und des Gewerbes. So können alle Büros, Produktionshallen, Lagerhallen sowie auch Labors solar klimatisiert werden. Es gibt hier bereits eine Reihe von umgesetzten Anlagen in ganz Europa. Im Zuge des Projektes SOLAIR, welches für Unterstützungsmaßnahmen zur Verbreitung von kleinen und mittleren solaren Klimatisierungsanlagen in Wohn- und Bürogebäuden geschaffen wurde, wurden Anlagendaten von bereits umgesetzten Anwendungen der solaren Kühlung und Klimatisierung erfasst.

Anwendungstyp	Anzahl in Datenbank	Technologie	Kühl-Leistung [kW]	Land
Krankenhaus	1	Ap	10	FR
Labor	1	Ad	70	DE
Öffentliche Bibliothek	1	DEC	81	ES
Öffentliche Verwaltung und Büros	3	DEC <sub>liq</sub> , DEC	11 – 30	DE, AT, PT
Andere öffentliche Einrichtungen	2	Ad, DEC	5,5 – 6	DE, GR
Kommerzielle Büros	11	Ab	9 – 7	AT, FR, DE, GR, IT, PT, ES
Kommerzielle Seminarfläche	1	DEC	60	DE
Kommerzielle Weinlagerung	1	Ab	52	FR
Wohngebäude	3	Ab, Ad	4,5 – 10	AT, IT, ES

Tabelle 3-4: Anwendungstyp, Technologie, Kühlleistung und Länderverteilung der Systeme der SOLAIR Datenbank.<sup>47</sup>

Abkürzungen: Ab = Absorption; Ad = Adsorption; DEC = sorptionsgestützte Klimatisierung (Desiccant Evaporative Cooling); DEC<sub>liq</sub> = sorptionsgestützte Klimatisierung mit Flüssigsorption

<sup>46</sup> Vgl. Remmers, K.H., Große Solaranlagen, (2001) S. 44.f.

<sup>47</sup> Quelle: [www.solair-project.eu/uploads/media/Best\\_Practice\\_Catalogue\\_DE.pdf](http://www.solair-project.eu/uploads/media/Best_Practice_Catalogue_DE.pdf) am 17.03.2012 13:00 Uhr

## Blanchieren

Vor allem in der Lebensmittelindustrie ist Blanchieren ein üblicher Prozess. Man versteht darunter eine Wärmebehandlung unverpackter pflanzlicher Rohstoffe, primär Gemüse und Obst, vor dem Weiterverarbeiten. Nach VDI 2670 muss hierbei die Temperatur im thermischen Mittelpunkt des Blanchiergutes auf mindestens 60 °C erhöht werden. Es werden somit, je nach Gemüse- bzw. Obstsorte, Wassertemperaturen von 80 °C bis 100 °C benötigt. Zweck des Blanchierens ist es, die pflanzlichen Enzyme zu inaktivieren und somit eine Entfernung bzw. Vermeidung der Entstehung von unerwünschten Geschmacks- und Geruchstoffen zu erreichen. Ebenso erreicht man dadurch eine Verringerung der Kochzeit für nachfolgende Prozesse und eine Verbesserung des mikrobiellen Status durch die Verringerung der Anzahl vermehrungsfähiger Mikroorganismen.<sup>48</sup>

Es gibt unterschiedliche Methoden des Blanchierens:

- Wasserblanchieren
- Dampfblanchieren
- Luftblanchieren
- Hochfrequenzblanchieren
- Infrarotblanchieren
- Kombiniertes Blanchieren

Im industriellen Bereich haben sich im Wesentlichen das Wasserblanchieren und das Dampfblanchieren durchgesetzt. Je nach Blanchier- und Transporteigenschaften des zu verarbeitenden Gemüses und Obstes werden unterschiedliche Blanchiervorrichtungen verwendet. Blanchieren kann kontinuierlich oder im Batch-Verfahren durchgeführt werden.

---

<sup>48</sup> Vgl. Heiss, R. (Hrsg.), Lebensmitteltechnologie: Biotechnische, chemische, mechanische und thermische Verfahren der Lebensmittelverarbeitung, (2004). S. 241.

### 3.2. Abgrenzung der relevanten Unternehmenssektoren

Im vorhergehenden Kapitel wurden die Anwendungsgebiete für mittlere Prozesswärme vorgestellt und die einzelnen Prozesse auf ihre Tauglichkeit für die Integration einer solarthermischen Anwendung geprüft. Um die Analyse des Marktpotentials zu erstellen bedarf es zunächst einer Kategorisierung der Prozesse und einer Zuweisung zu den entsprechenden Unternehmenssektoren.

Die folgende Tabelle zeigt die aufgrund der technischen Analyse in Frage kommenden Prozesse mit der entsprechenden Zuordnung zu dem Industriesektor und dem benötigten Temperaturniveau.

Industriesektor	Prozess	Temperaturniveau [°C]
Lebensmittel und Getränke	Trocknen	30 – 90
	Waschen	40 – 80
	Pasteurisieren	80 – 110
	Kochen	95 – 105
	Sterilisieren	140 – 150
	Wärmebehandlung	40 – 60
Textilindustrie	Waschen	40 – 80
	Bleichen	60 – 100
	Färben	100 – 160
Chemieindustrie	Kochen	95 – 105
	Destillieren	110 – 300
	Diverse chem. Prozesse	120 – 180
Alle Sektoren	Vorwärmung von Kesselwasser	30 -110
	Beheizung von Industriehallen	30 – 80
	Kühlen und Klimatisieren	

Tabelle 3-5: Industrielle Prozesse für solarthermische Anwendungen<sup>49</sup>

<sup>49</sup> Quelle: AEE Intec (Hrsg.), Erneuerbare Energie 2005-3, Solare Prozesswärme. S. 5.

Die meisten Prozesse, die für eine solarthermische Anwendung in Frage kommen, sind demnach in der Lebensmittel- und Getränkebranche zu finden. Die Textil- und Chemieindustrie sind ebenso sehr geeignete Branchen für solarthermische Anwendung. Das Beheizen von Industriehallen betrifft nahezu alle Unternehmen, sofern dies nicht mit Abwärme von anderen Prozessen durchgeführt wird. Ebenso gilt dies auch für das Kühlen und Klimatisieren.

### **3.3. Analyse des Marktpotentials im Großraum Klagenfurt**

Die Marktpotentialanalyse dient der Abschätzung der maximalen Aufnahmefähigkeit eines Marktes für bestimmte Produkte oder Dienstleistungen. In diesem Bezug ist der Markt die Menge aller potentiellen Gewerbe- und Industrieunternehmen, bei denen eine solare Unterstützung bzw. Nutzung für die Herstellung der Prozesswärme möglich ist bzw. umsetzbar wäre.

Man muss sich hier die Fragen stellen, welches Potential der Markt mengen- und wertmäßig hat, inwieweit das Marktpotential schon ausgeschöpft ist und wie sich der Markt in der Zukunft entwickeln wird.<sup>50</sup> Betrachtet wird hier neben dem Marktpotential auch das Marktvolumen, welches aufgrund des noch eher neuen Anwendungsgebietes der solaren Prozesswärme, noch sehr klein ist. Unter dem Marktvolumen versteht man die gegenwärtig abgesetzte bzw. prognostizierte Absatzmenge in einem definierten Zeitraum und einem abgegrenzten Markt.<sup>51</sup>

Anhand der definierten Prozesse und deren Zuordnung zu den einzelnen Industrie- und Gewerbesektoren soll hier das Potential für den Großraum Klagenfurt aufgezeigt werden. Des Weiteren soll als Grundlage für die rechnerische Ertragssimulation sowie für die Wirtschaftlichkeitsberechnung das Solarpotential in dieser Region ausführlich analysiert und dargestellt werden.

---

<sup>50</sup> Vgl. Meffert, H., Burmann, C., Kirchgeorg, M.: (2008). S. 53.

<sup>51</sup> Vgl. Olfert, K. (Hrsg.) Kompendium der praktischen Betriebswirtschaft (1977) S. 81.

### 3.3.1. Der Großraum Klagenfurt

Gebildet wird der Großraum Klagenfurt von den politischen Bezirken Klagenfurt und Klagenfurt Land. Er befindet sich in der Mitte des Klagenfurter Beckens, welches die größte inneralpine Beckenlandschaft ist. Der submediterrane Klimaeinfluss lässt die Temperaturen im Sommer sehr hoch ansteigen und im Winter sehr tief fallen.

Das Klagenfurter Becken bildet den Zentralraum in Kärnten. Die Landeshauptstadt Klagenfurt, in deren Umgebung sich zahlreiche Gewerbe- und Industriebetriebe angesiedelt haben, liegt inmitten dieses Beckens und bildet somit einen zentralen Wirtschaftsstandort. Neben dem Bezirk Klagenfurt Stadt zählt auch der Bezirk Klagenfurt Land zum Großraum Klagenfurt. Dieser erstreckt sich über eine Fläche von 765 km<sup>2</sup> rund um Klagenfurt. In der nachfolgenden Tabelle sind die wichtigsten geographischen und demographischen Daten angegeben.

Wichtige Zahlen	
Klagenfurt	
Einwohner	94.303
Bevölkerungsdichte	785 Einw. pro km <sup>2</sup>
Fläche	120 km <sup>2</sup>
Gewerbebetriebe	1228
Industriebetriebe	54
Klagenfurt Land	
Einwohner	58.447
Bevölkerungsdichte	76 Einw. pro km <sup>2</sup>
Fläche	765 km <sup>2</sup>
Gewerbebetriebe	2397
Industriebetriebe	155

Tabelle 3-6: Wichtige Zahlen der politischen Bezirke Klagenfurt und Klagenfurt Land<sup>52</sup>

In Kärnten spielen die erneuerbaren Energien eine große Rolle. Man begann bereits 1995 mit entsprechenden Förderungen für die Anwendung von solarthermischen

<sup>52</sup> Quelle: Land Kärnten, Statistik Austria

Anlagen im Bereich der privaten Haushalte. Ebenso zu dieser Zeit wandelte sich der Markt von den Selbstbaugruppen hin zu der industriellen Fertigung. Eine Förderung war in dieser Startphase notwendig, da sich zu Beginn der Serienfertigung eine Solaranlage erst in mehr als 30 Jahren amortisierte. Der Grund lag einerseits in den noch geringen Stückzahlen und auch andererseits an der noch recht jungen Entwicklungsstufe. Durch das Marktanreizprogramm konnte man einen beträchtlichen Markt aufbauen. Bis 2009 wurden in Kärnten insgesamt 264.000 m<sup>2</sup> Kollektorfläche installiert. Im Jahr 2010 kamen weitere 14.802 m<sup>2</sup> Kollektorfläche neu hinzu.

Neben der Solarindustrie haben auch andere Branchen der alternativen Energieerzeugung einen wesentlichen Einfluss in Kärnten. So haben zwei große Photovoltaikmodulhersteller ihren Sitz in Kärnten sowie auch ein Engineering-Unternehmen, welches sich mit der Entwicklung von Windkraftanlagen beschäftigt.

### **3.3.2. Solarunternehmen**

In Kärnten ist die Erzeugung regenerativer Energie schon immer ein wichtiger Bestandteil gewesen. So steht eines der ältesten Wasserkraftwerke, das 111 Jahre alte Gurk-Wasserkraftwerk, in Kärnten.<sup>53</sup> Derzeit werden mit insgesamt 540 Wasserkraftanlagen ungefähr 90 % des Gesamtenergiebedarfs in Kärnten gedeckt.<sup>54</sup>

Bedeutung hat der Standort Kärnten auch in der Solarindustrie, speziell in der Kollektorindustrie. In Sankt Veit an der Glan stehen das Produktionswerk sowie das Zentrallager des Weltmarktführers im Bereich der thermischen Flachkollektoren. Mittels modernster Fertigungsanlagen werden dort jährlich über 700.000 m<sup>2</sup> Kollektorfläche produziert. Man beschäftigt am dortigen Standort über 300 Mitarbeiter in der Produktion und der Verwaltung. Neben diesem Unternehmen befinden sich noch drei weitere mittelgroße Kollektorproduzenten in Kärnten. Mit etwa 600 Arbeitsplätzen in der Solarindustrie, liefert diese Branche auch einen wichtigen Beitrag zur Arbeitsplatzsituation in Kärnten.

---

<sup>53</sup> Quelle: [http://www.stw.at/dateien/9\\_Preis\\_Produktblatt\\_Gruen\\_Energie\\_Oesterreich\\_052011.pdf](http://www.stw.at/dateien/9_Preis_Produktblatt_Gruen_Energie_Oesterreich_052011.pdf) am 20.03.2012.

<sup>54</sup> Quelle: [http://www.energie.ktn.gv.at/erneuerbare\\_energie/stromerzeugung/wasserkraft](http://www.energie.ktn.gv.at/erneuerbare_energie/stromerzeugung/wasserkraft) am 20.03.2012.



Ebenso wie in der Kollektorindustrie hat einer der größten Solarsystemanbieter seine Firmenzentrale in Kärnten. Von dort aus liefert man weltweit Solarsysteme für Warmwasser, Heizungsunterstützung und solares Kühlen. Neben dem Vertrieb von Solarsystemen gibt es hier auch ein Kompetenzzentrum für Solarenergie. In dieser sogenannten Solar Academy werden neben der intensiven Schulung von Partnerinstallateuren und deren Mitarbeiter auch Forschung und Entwicklung betrieben.

In Österreich wurden 2010 in etwa 1,2 Millionen m<sup>2</sup> Kollektorfläche installiert. Davon wurden rund 70 %, also etwa 840.000 m<sup>2</sup> in Kärnten produziert.<sup>55</sup> Kärnten nimmt somit eine Vorreiterrolle in der Produktion und auch in der Forschung und Entwicklung bezüglich der thermischen Solarenergie ein.

### **3.3.3. Energiedienstleister und Energieberater**

Neben der Solarindustrie ist ebenso der Sektor der Energiedienstleister und Energieberater ein wichtiger Eckpfeiler für das Voranschreiten der erneuerbaren Energien. In den letzten 10 Jahren ist dieser in Österreich massiv gewachsen. Neben dem Dachverband für thermische Solarenergie, welcher als Berater, Vermittler und Informant im Aktionsfeld zwischen Politik, Wirtschaft und Konsument agiert, wurden in den einzelnen Bundesländern auch Arbeitsgemeinschaften und Vereine, die sich mit dieser Materie auseinandersetzen, gegründet.

In Kärnten hat etwa die Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie AEE ihren Sitz. Sie wurde 1990 gegründet und beschäftigt sich mit dem sinnvollen Einsatz erneuerbarer Energiequellen sowie der rationelle Energienutzung. Bereits viele Jahre vor der industriellen Fertigung von thermischen Sonnenkollektoren wurden durch die AEE Selbstbaugruppen initiiert und so ein Grundstein für die solarthermische Nutzung gelegt. Neben der AEE gibt es auch eine Länderorganisation des Klimabündnisses und den Verein energie:bewusst Kärnten, welche sich ebenfalls mit Energieberatung, speziell im Bereich der erneuerbaren Energien, beschäftigt. Hier werden auch Ausbildungen zum Energieberater durchgeführt. Dies ist ein wesentlicher

---

<sup>55</sup> Vgl. BMVIT (Hrsg.): Innovative Energietechnologien in Österreich, Marktentwicklung 2010, S. 110.

Punkt des Vereins, denn der Weg zu mehr Energieeffizienz und zur Nutzung von mehr erneuerbarer Energie läuft über die Bewusstseinsbildung in der Bevölkerung.

Ein derartiges Netzwerk an Dienstleistungsunternehmen im Bereich Erneuerbare Energien hat für die Weiterentwicklung eine enorm hohe Bedeutung. Es wird dadurch gezielt Aufklärungsarbeit durch Informationsveranstaltungen, Workshops und Initiativen wie z. B. „Tag der Sonne“ in der Bevölkerung betrieben.

### **3.3.4. HKL Unternehmen**

Eine ebenso wichtige Gruppe im Bereich der Solarenergie und der solaren Prozesswärme sind Unternehmen, die auf Gebäudedienstleistungen und auf Heizungs-, Klima-, und Lüftungsinstallationen spezialisiert sind. Im Großraum Klagenfurt sind derzeit 103 Unternehmen in diesem Bereich tätig.<sup>56</sup> Für diese Unternehmen zählt der Bereich der alternativen Energien schon längst zu einem fest integrierten Geschäftsfeld. Neben der thermischen Solarenergie werden im Bereich der alternativen Energien auch Wärmepumpen und immer öfter Photovoltaiksysteme von den Installationsunternehmen angeboten und installiert. Für einen kleinen Teil dieser Unternehmen wurde dieser Bereich der alternativen Energien zum Hauptgeschäftsfeld.

Durch den bereits jahrelangen Einsatz der Erneuerbaren Energien in Kärnten, konnten sich diese Firmen ein sehr gutes Know-how im Bereich der solarthermischen Anwendungen aneignen. Dies geschah einerseits durch intensive Schulungsprogramme durch die Solarindustrie und die Solarsystemhersteller sowie auch durch die Subventionen des Marktanreizprogrammes, welches überhaupt erst die Nachfrage der Konsumenten erzeugte.

Da viele dieser Installationsunternehmen bei der Planung und auch bei der Umsetzung der industriellen Anlagen für die Herstellung von Prozesswärme involviert waren, besteht hier auch ein detailliertes Wissen über die Funktion und deren Abläufe. Sie bilden daher einen wichtigen Eckpfeiler für die Integration von thermischen Solaranlagen in industrielle Prozesse. Durch das Bewusstsein dieser Unternehmen,

---

<sup>56</sup> Quelle: Wirtschaftskammer Kärnten, Mitgliederstatistik 2011, Stand: 31.12.2011

können diese der Industrie auch ein deutliches Signal in Richtung der solaren Prozesswärme geben.

### 3.3.5. Gewerbe und Industriebetriebe im Großraum Klagenfurt

Der Großraum Klagenfurt ist einer der wichtigsten Wirtschaftsstandorte in Kärnten. Den Schwerpunkt in diesem Gebiet bilden die Leichtindustrie, mittelständische Handels- und Gewerbebetrieb sowie der Tourismus. Es haben sich auch einige internationale Firmen, wie Magna, Siemens oder Philips im Großraum Klagenfurt angesiedelt. Auch stammen einige mittlerweile international agierende Firmen aus dieser Region. So werden Hirsch-Uhrenarmbänder weltweit vertrieben und auch Stroh-Rum und Pago sind international vertreten.

Laut den aktuellen Statistiken der Wirtschaftskammer Kärnten befinden sich 29 % der Kärntner Gewerbe- und Industriebetriebe im Großraum Klagenfurt.<sup>57</sup> Von diesen 29 % der Kärntner Unternehmen sind in etwa 5 % Industrieunternehmen und circa 95 % Gewerbeunternehmen.

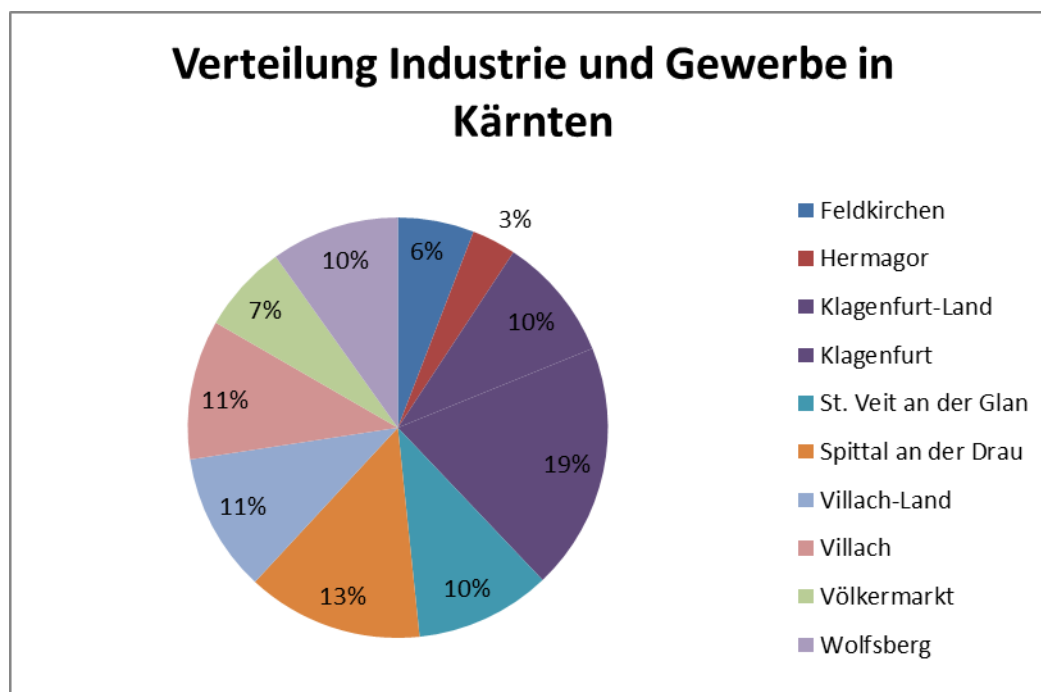


Diagramm 3-1: Prozentuelle Verteilung der Industrie und der Gewerbebetriebe in Kärnten

<sup>57</sup> Quelle: Wirtschaftskammer Kärnten, Mitgliederstatistik 2011, Stand: 31.12.2011

Diese Konzentration liegt einerseits an der entsprechenden Größe des Einzugsgebietes für die Arbeitskräfte und andererseits an der verkehrstechnisch guten Infrastruktur des Klagenfurter Beckens. Der Großraum Klagenfurt liegt an der Süd-Ost Tangente, welche von Italien kommend Richtung Wien verläuft. Ebenso gibt es einen Flughafen und zukünftig mit dem Koralmtunnel auch eine ausgezeichnete Bahnverbindung in den Wirtschaftsraum Graz.

Betrachtet man die Aufteilung der infrage kommenden Unternehmen nach den einzelnen Branchen, so gibt es im Großraum Klagenfurt 14 Industrieunternehmen welche im Bereich der chemischen Industrie angesiedelt sind, 11 Industrieunternehmen in der Lebensmittelindustrie, 4 Industrieunternehmen in der Textilindustrie und 2 Unternehmen welche zur papierverarbeitenden Industrie gehören.

Besonders interessant für solarthermische Anwendungen zeigt sich hier, aufgrund der im Abschnitt 3.1.1. analysierten Prozesse, die Lebensmittelindustrie. Der Bedarf an thermischer Energie ist in dieser Sparte besonders hoch und fast alle der analysierten Prozesse finden hier Anwendung.

Im Bereich der Gewerbeunternehmen gibt es eine Vielzahl an chemischen Reinigungen. Im Großraum Klagenfurt zählen insgesamt 164 Betriebe zum chemischen Gewerbe. Des Weiteren gibt es im Großraum Klagenfurt 20 Betriebe des Karosserie- und Spengler-Gewerbes und 18 Betriebe die sich mit Kunststoffverarbeitung beschäftigen.

### **3.3.6. Solarenergiepotential im Großraum Klagenfurt**

Neben der tages- und jahreszeitlich sowie wetterabhängig wechselhaften Verfügbarkeit der solaren Strahlung sind der geeignete Aufstellort und die dort verfügbaren günstigen Einstrahlungen wesentliche Faktoren für die Nutzung der Solarenergie.

Wie in Kapitel 2.1 beschrieben beträgt die maximale Strahlung, die die Erdoberfläche erreicht  $1000 \text{ W/m}^2$ . Dies ist jedoch nur der Wert für die momentane Einstrah-

lung und gibt noch keine Auskunft über den möglichen Jahresertrag. Hier spielen noch andere Faktoren mit, wie die landschaftliche Morphologie und die durchschnittlichen Wetterbedingungen. Diese meteorologischen Daten setzen sich aus Wetteraufzeichnungen der letzten Jahrzehnte zusammen und werden mittels speziellen Interpolationslogarithmen berechnet. Eine präzise Information über das entsprechende Solarangebot am Ort der geplanten Solaranlage ist einer der Schlüssel für den effizienten Einsatz dieser Technologie.

Betrachtet man nun den Standort Österreich liegt der Westen und Süden deutlich über den Bundesdurchschnitt von rund 1100 kWh/(m<sup>2</sup>a). Der Grund dafür liegt an der alpinen Morphologie sowie an einer im Durchschnitt geringeren Wolken- und Hochnebelbedeckung.<sup>58</sup> In Klagenfurt herrscht das klassische Kärntner Beckenklima, welches die höchste thermische Kontinentalität Österreichs besitzt. Die Winter sind hier am kältesten, die Sommer am wärmsten, die Windgeschwindigkeiten sind sehr gering, im Winter gibt es häufig anhaltenden Hochnebel, die Sommer hingegen sind sehr sonnig.<sup>59</sup>

Die unten angeführte Tabelle zeigt die monatliche Globalstrahlung sowie den Jahresmittelwert auf die waagrechte Fläche und die monatlichen Mittelwerte der Temperatur sowie den Jahresmittelwert. Diese Daten stammen aus einer Auswertung aus den Jahren 1971 – 2000 und dienen als Grundlage für die Prognoserechnung.

Monat	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
G/(J/cm <sup>2</sup> )	37	61	100	125	162	167	171	152	108	67	34	27
T / °C	-4,0	-1,4	3,6	8,3	13,7	16,9	18,8	18,2	13,8	8,2	1,7	-2,7

Tabelle 3-7: Monatliche Globalstrahlung und mittlere Monatstemperatur von Klagenfurt (1971-2000)<sup>60</sup>

<sup>58</sup> Vgl. Neubarth, J.; Kaltschmitt M. (Hrsg.): Erneuerbare Energien in Österreich, (2000). S. 85.

<sup>59</sup> Quelle: [www.zamag.ac.at/fix/klima2000/daten/stationsinfo/20210.htm](http://www.zamag.ac.at/fix/klima2000/daten/stationsinfo/20210.htm) am 25.03.2012.

<sup>60</sup> Quelle: ZAMG, Klimadaten Österreich 1971 - 2000

Aufgrund der berechneten Mittelwerte, die in obiger Tabelle angeführt sind, ergibt sich somit eine mittlere Jahressumme der Globalstrahlung auf die waagrechte Ebene von:

$$G_{\text{Hor}} = 1211 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

Die mittlere jährliche Temperatur ist:

$$T_{\text{mittel}} = 7,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Im Vergleich zu den anderen Regionen liegt Klagenfurt mit diesen Werten im vorderen Drittel. Je nach Regionen erreicht die Jahressumme der Globalstrahlung in Österreich Werte von 900 bis 1300 kWh/m<sup>2</sup> und Jahr.<sup>61</sup> Der Standort Klagenfurt eignet sich demnach sehr gut für die Nutzung von thermischer Solarenergie.

Betrachtet man die einzelnen Standorte der Gewerbe- und Industriebetriebe, so stehen diese auch im freien Gelände und sind weder von Verschattung durch Gebirgszüge, noch von Verschattung durch anderen Gebäuden betroffen.

---

<sup>61</sup> Quelle: [www.pvaustria.at/content/page.asp?id=62](http://www.pvaustria.at/content/page.asp?id=62) am 26.03.2012

## 4. Wirtschaftliche Betrachtung von Solaranlagen

Ziel einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist es, eine Aussage über die finanzielle Auswirkung der Investition zu erhalten. Mit ihrer Hilfe lassen sich die Kosten und Nutzen verschiedener Maßnahmen bewerten und man ist in der Lage, die Investition in unterschiedlichen Varianten oder zu einer bestehenden Situation zu vergleichen.

Bei Solaranlagen ist aus Verbrauchersicht zu beachten, dass keine direkten Gewinne erwirtschaftet werden können. Hier kann immer nur ein Vergleich von Kosten bzw. Einsparungen durchgeführt werden. Zur Berechnung der wichtigsten Kennzahlen werden die Kapitalwertmethode sowie die dynamische Amortisationszeitberechnung durchgeführt.

Betrachtet man die Amortisationszeit einer Solaranlage so gilt es zwei wesentliche Unterscheidungen zu treffen. Man kann die Amortisation aus ökologischer Sicht betrachten, indem man die energetische Amortisationszeit berechnet, oder aus der ökonomischen Sicht, wo man mit der wirtschaftlichen Amortisationszeit rechnet.

Die energetische Amortisationszeit gibt eine Aussage über die Zeitdauer, die benötigt wird, bis die produzierte Energiemenge der Solaranlage größer ist, als die für die Herstellung des Systems verbrauchte Energie.<sup>62</sup> Ebenso wird bei der energetischen Amortisation die Energie für den Betrieb der Anlage berücksichtigt. Die Untersuchungen einer Studie aus dem Jahre 2002 belegen, dass man mit den damaligen Produktionstechnologien auf eine energetische Amortisation von etwa 1,4 Jahren kommt.<sup>63</sup> Aufgrund neuer Technologien und Materialien, sowie stromsparender Pumpen, ist anzunehmen, dass dieser Wert in den letzten zehn Jahren deutlich gesunken ist. Die energetische Amortisationsdauer wird in dieser Arbeit allerdings nicht näher behandelt. Hierfür wäre es notwendig, alle Bauteile der Solaranlage hinsichtlich der bei ihrer Herstellung verbrauchten Energie genau zu betrachten.

---

<sup>62</sup> Vgl. Götzberger, A.; Hoffmann, V. U. (2005), S. 137.

<sup>63</sup> Vgl. Streicher, E., Heidmann, W., Müller-Steinhagen H., (2002). S. 6.

Die wirtschaftliche Amortisationszeit betrachtet die Frage, nach wie vielen Jahren sich die Investition bezahlt macht. Man will also wissen, wie lange es dauert, bis die Auszahlungen für die Solaranlagen durch Einzahlungen ausgeglichen sind.<sup>64</sup> Bei Solaranlagen spricht man allerdings eher von Einsparungen als Einzahlungen, da bei Solaranlagen der größte Kostenblock durch Kapitalkosten entsteht, wogegen bei herkömmlichen Wärmeerzeugern die Brennstoffkosten also die Betriebskosten den größeren Anteil ausmachen.

Zu beachten ist auch, dass in den meisten Fällen bei dem Einsatz einer Solaranlage die Investition für die konventionelle Anlage nicht erspart bleibt. Eine hundertprozentige solare Deckung über das ganze Jahr ist so gut wie nicht möglich. Einerseits wäre hier eine saisonale Speicherung der Solarenergie für die einstrahlungsschwache Winterzeit notwendig und andererseits kann es aufgrund von unterschiedlichen Wetterperioden zu Energieengpässen im Sommer kommen. Aus diesem Grund muss bei einer Integration von thermischer Solarenergie in Industrieprozessen immer auch das konventionelle Heizsystem bestehen bleiben. Für die Amortisationsrechnung bedeutet das, dass nur die Brennstoffeinsparung als Berechnungsgrundlage herangezogen werden kann. Eine Reduktion des konventionellen Anlagenteils wird dadurch nicht erzielt.

#### **4.1. Investitionskosten einer Solaranlage für Prozesswärme**

Nicht selten wird der Begriff der Investition mit dem Begriff der Ausgabe verwechselt.<sup>65</sup> Im Bertelsmann wird Investition als „langfristige Anlage von Kapital in Sachgütern“ beschrieben.<sup>66</sup> Betriebswirtschaftlicher ausgedrückt ist eine Investition ein zielgerichteter Einsatz finanzieller Mittel zur Beschaffung von Produktionsfaktoren, die der Erwirtschaftung von Erträgen dienen.<sup>67</sup> Auf der Aktivseite der Bilanz zeigt sich diese Kapitalverwendung.

---

<sup>64</sup> Vgl. Kruschwitz, L. (2011), S. 310.

<sup>65</sup> Vgl. Lechner, K., Egger, A., Schauer R. (2006), S. 304.

<sup>66</sup> Quelle: Bertelsmann, Das neue Universallexikon, (2006), S. 427.

<sup>67</sup> Vgl. Perridon, L., Steiner, M. (2004), S. 29.



#### 4.1.1. Ermittlung der Investitionskosten

Die Ermittlung der Investitionsdaten ist eine der wichtigsten Voraussetzungen, denn nur mit einer guten Basis lassen sich genaue Berechnungen erstellen. In der DIN 276, wie unten aufgelistet, werden die Kosten für Bauwerke einschließlich der Grundstücks- und Nebenkosten aufgeführt, es fehlen hier allerdings die Kosten, die während des Lebenszyklus oder der kalkulierten Investitionsdauer anfallen.<sup>68</sup> Da bei einer Solaranlage die Kosten während des Lebenszyklus vernachlässigbar sind, kann man mit dieser Datenbasis bereits sehr gut arbeiten. Eine bessere Grundlage stellt Die DIN 18960 dar, da diese die Kosten während der Planung und der Nutzung ermittelt.<sup>69</sup>

- Kapitalkosten
- Abschreibungen
- Verwaltungskosten
- Steuern
- Betriebskosten
- Bauunterhaltungskosten

Das österreichische Normungsinstitut hat speziell für Energiesysteme und deren Vergleiche eine Berechnungsmethode entwickelt, die auf der Annuitätenmethode aufgebaut ist. Bei dieser Methode werden nichtperiodische Zahlungen (z. B. Anlageninvestition) und periodische Zahlungen (z. B. Energie und Betriebskosten) in periodisch konstante Zahlungen transformiert. Als Annuität bezeichnet man den ermittelten periodisch konstanten Betrag bzw. die durchschnittlichen Jahreskost und sie setzt sich aus Zins und Tilgung zusammen.

Der Vorteil dieser Berechnungsmethode ist es, Anlagen und deren Komponenten mit unterschiedlichen Nutzungsdauern unter Berücksichtigung der Teuerungsrate

---

<sup>68</sup> Quelle: DIN-Norm DIN 276

<sup>69</sup> Quelle: DIN-Norm DIN 18960

und des kalkulatorischen Zinssatzes auf eine einheitliche Vergleichsbasis zu stellen.<sup>70</sup>

Hinsichtlich der Lebensdauer einer Solaranlage kann man nach heutiger Erfahrung eine Betriebsdauer von 20 Jahren ansetzen. Bei Verwendung von sehr guten Komponenten kann durchaus eine Lebensdauer von 25 und mehr Jahren erzielt werden.<sup>71</sup> Die Hauptkostenkomponente, die Kollektoren, erreichen durchaus eine Lebensdauer von 30 Jahren.<sup>72</sup> Daher sind Solaranlagen ein sehr langlebiges Wirtschaftsgut. In der angeführten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden die Berechnungen auf Basis von 20 Jahren durchgeführt.

Betrachtet man nun eine Solaranlage so besteht diese aus den Hauptkomponenten Kollektorfeld, Verrohrung, Pumpen und Ventile, Regler, Sicherheitseinrichtungen wie Druckausdehnungsgefäß oder Sicherheitsventile und dem Wärmetauscher. Die Kosten für diese Hauptkomponenten addiert mit den Planungs- und Errichtungskosten sowie den Zahlungen für Instandsetzung und Wartung werden unter die kapitalgebunden Kosten eingeordnet.

Neben dieser Kostenarten, wird des Weiteren in verbrauchsgebunden Kosten und betriebsgebundenen Kosten unterteilen. Die verbrauchsgebundenen Kosten, welche sich im Wesentlichen aus den Stromkosten für die Regelung und Pumpen zusammensetzen, sind der zweite Kostenblock. Die betriebsgebundenen Kosten, als dritte Kostenart, sind bei konventionellen Anlagen zur Energieerzeugung die Kosten für Bedienpersonal, Kesselwärter und diverses benötigtes Personal. Da dieser Aufwand bei Solaranlagen nicht anfällt, kann man diesen Kostenblock für die Versicherung veranschlagen.<sup>73</sup>

Nicht zu den Kosten werden die Bauteile gezählt, die ohnehin zur Warmwasserbereitung angefallen wären, das sind üblicherweise die Kosten für eine konventionelle Warmwasseraufbereitung ohne Kollektoranlage. Das sind etwa die Kosten für den

---

<sup>70</sup> Vgl. Remmers, K. H. (1999), S. 311.

<sup>71</sup> Vgl. Peuser, F. A.; Remmers, K. H.; Schnauss, M. (2001), S. 18.

<sup>72</sup> Vgl. Remmers, K. H. (1999), S. 345.

<sup>73</sup> Vgl. ebenda S. 345.

Bereitschaftsspeicher und die konventionelle Heizanlage selbst. Ebenso werden die nicht in direktem Zusammenhang mit der Solaranlage stehenden Kosten hinzuge-rechnet, wie z. B. eine notwendige Sanierung des Verteilernetzes.

Für die Betriebskosten werden, sofern keine genauen Zahlen vorliegen, in der Regel 0,5 % – 1 % per anno der Investitionskosten angesetzt. Die Betriebskosten umfas-sen die Wartung, die Instandhaltung und gegebenenfalls auftretende Reparaturen.<sup>74</sup> Die verbrauchsgebundenen Kosten, also die Stromkosten für Pumpen und Regler, werden in der Regel mit 2 % – 5 % des Solarertrages angesetzt.<sup>75</sup>

#### **4.1.2. Regionale und nationale Förderprogramme**

In vielen Ländern der Welt werden erneuerbare Energien subventioniert. Grund da-für ist einerseits der derzeit noch im Aufbau befindliche Markt, der im Wettbewerb mit den konventionellen Energieträgern derzeit noch nicht bestehen könnte und an-dererseits die Forcierung der alternativen Energien um die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu sen-ken und nachhaltige Arbeitsplätze zu schaffen. Im Bereich der thermischen Solar-energie erfolgt die Subventionierung hauptsächlich direkt, d. h. die Investitionskos-ten werden mittels Zuschüssen unterstützt.

Die Palette von unterschiedlichen Fördermaßnahmen hinsichtlich der thermischen Solarenergie ist sehr breit. Um die relevanten Förderungen für diese Arbeit darzu-stellen, werden die nationalen Fördermöglichkeiten auf österreichischer Ebene dar-gestellt sowie auch die Förderungen für solare Anlagen für Warmwasser und Raumwärme für Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäuser für des Bundeslandes Kärnten aufgezeigt.

#### **Förderaktion des Klima- und Energiefonds**

Auf nationaler Ebene werden Großanlagen zwischen 100 m<sup>2</sup> und 2.000 m<sup>2</sup> Kollektor-fläche durch den Klima- und Energiefonds gefördert. Der Klima- und Energiefonds, kurz „KLIEN“ genannt, ist eine Einrichtung des österreichischen Lebensministeriums

<sup>74</sup> Vgl. Schwenk, C. (1999), S. 131.

<sup>75</sup> Vgl. Remmers, K. H. (1999), S. 345.

und Infrastrukturministeriums. Seit 2007 werden durch diesen Fonds Maßnahmen zur Nachhaltigkeit und Effizienz gefördert. Übergeordnetes Ziel ist die Senkung der heimischen Treibhausgasemissionen so rasch und nachhaltig wie möglich umzusetzen.<sup>76</sup>

Dieses Förderprogramm für solarthermische Großanlagen wurde 2011 mit dem Ziel eingeführt, eine Initialzündung für eine breite Umsetzung von hocheffizienten Solarwärmanlagen mit einer Kollektorfläche von über 100 m<sup>2</sup> zu sein und wird jährlich neu ausgeschrieben. Ein weiteres wichtiges Ziel ist auch hier die Substitution von fossilen Energieträgern und die damit verbundene CO<sub>2</sub>-Einsparung.

Im Rahmen dieses Programmes werden Investitionen in die Planung und Errichtung von innovativen, solarthermischen Großanlagen subventioniert und gleichzeitig ein wissenschaftliches Begleitprogramm durchgeführt. Die im Rahmen des Begleitprogrammes gewonnenen Daten sollen ausgewertet und darauf der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden. Es wird hier in vier verschiedene Themenbereiche unterteilt:<sup>77</sup>

- Solare Prozesswärme in Produktionsbetrieben
- Solare Einspeisung in netzgebundene Wärmeversorgungen (Mikronetze, Nah- und Fernwärmenetze)
- Hohe solare Deckungsgrade (über 20 % am Gesamtwärmebedarf) in Gewerbe- und Dienstleistungsbetrieben
- Solar unterstützte Klimatisierung und deren Kombination mit solarer Warmwasseraufbereitung und Heizung in Zeiten ohne Kühlbedarf

Es wird bei dieser Förderung ein besonderes Augenmerk auf den Innovationsgehalt der eingereichten Maßnahme gelegt. So werden etwa Systeme mit intelligentem Last- Speichermanagement, Niedertemperaturnetze oder optimale Kombinationen von Solarwärme und Abwärme bevorzugt gefördert. Ebenso als innovatives System

---

<sup>76</sup> Quelle: <http://www.klimafonds.gv.at/ueber-uns/aufgaben-and-ziele/> am 10.03.2012.

<sup>77</sup> Quelle: [www.klimafonds.gv.at/foerderungen/aktuelle-foerderungen/2011/solarthermie-solare-grossanlagen/](http://www.klimafonds.gv.at/foerderungen/aktuelle-foerderungen/2011/solarthermie-solare-grossanlagen/) am 05.01.2012.

zählen Anlagen, bei denen die Solaranlage in den Sommermonaten einen Heizkessel vollständig ersetzt.

Förderbar sind bei diesem Programm die Kosten der gesamten Solaranlage inklusive Verrohrung, Pufferspeicher, Einbindung der solaren Wärme ins Verteilnetz und ebenso die Messinstrumente für die Begleitforschung. Planungskosten werden bis zu 10 % der umweltrelevanten Investitionskosten anerkannt.

Der Fördersatz für diese Subvention liegt bei maximal 40% der umweltrelevanten Mehrinvestitionskosten. Das Budgetvolumen für diese Subvention liegt in den Jahren 2011 und 2012 bei je 5 Millionen Euro.

Die Anträge zu dieser Förderung werden zuerst formal und darauf von einer Expertenkommission inhaltlich geprüft. Es wird ebenso durch diese Kommission entschieden, ob das eingereichte Projekt als Begleitforschungsprogramm aufgenommen wird. Die Projekte für die Begleitforschung werden für die Förderentscheidung zuerst gereiht, alle anderen Anträge in der Reihenfolge der vollständigen Einreichung. Die Förderentscheidung wird darauf vom Klima- und Energiefonds getroffen.

## **Umweltförderung**

Das Programm „Umweltförderung im Inland“ wurde 1993 eingeführt und ist ein wichtiges Förderungsinstrument auf Bundesebene für österreichische Unternehmen, die in Umwelt- und Klimaschutzmaßnahmen investieren. Diese Förderung wird durch die Kommunalkredit Public Consulting abgewickelt. Ein Unternehmen, welches 2003 aus der ehemaligen Abteilung Treuhandmanagement der Kommunalkredit Austria AG entstanden ist und sich mit dem Management und der Beratung von Förderungsprogrammen beschäftigt.<sup>78</sup>

Die Umweltförderung kann von Unternehmen, Gemeinnützigen Vereinen, Konfessionsgemeinschaften oder öffentlichen Gebietskörperschaften in Anspruch genommen werden. Gefördert werden Maßnahmen bzw. Investitionen, die positive Umwelteffekte

---

<sup>78</sup> Quelle: [http://www.public-consulting.at/kpc/de/home/das\\_unternehmen](http://www.public-consulting.at/kpc/de/home/das_unternehmen) am 10.04.2012

te bewirkten. Diese Maßnahmen kann z. B. die Anwendung erneuerbarer Energie sein, oder auch eine Steigerung der Energieeffizienz.

Auch das Ziel dieser Förderung ist die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Es soll neben diesem primären Ziel auch der Markt für Umwelttechnologien vergrößert werden und die Arbeitsplätze in diesem Bereich gesichert und neue geschaffen werden.

Je nach Förderungsschwerpunkt liegt die Höhe der Förderung zwischen 15 % und 30 % der umweltrelevanten Kosten. Eine Unterscheidung wird auch nach der Größe der Maßnahme durchgeführt. So wird im Bereich der thermischen Solarenergie bei Anlagen bis 100 m<sup>2</sup> Kollektorfläche eine Pauschalförderung und über 100 m<sup>2</sup> eine Individualförderung angeboten. Bei der Pauschalförderung richtet sich die Förderhöhe nach der Kollektorfläche, welche bei Standardkollektoren bei 100,00 EUR/m<sup>2</sup> liegt und bei Vakuumröhrenkollektoren bei 150,00 EUR/m<sup>2</sup> liegt. Die Individualförderung ab Anlagengrößen über 100 m<sup>2</sup> Kollektorfläche wird mit einem Investitionszuschuss von 20 % der umweltrelevanten Kosten gefördert.

Das Budget der Umweltförderung beträgt derzeit jährlich 90,2 Millionen Euro. Zusätzlich werden über die Umweltförderung Mittel aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung sowie Entwicklung des ländlichen Raumes vergeben.

### **Förderung für Kleinanlagen im Bundesland Kärnten**

Das Land Kärnten hat sich zum Ziel gesetzt, durch eine gezielte Direktförderung, mindestens zweitausend neue thermische Solaranlagen pro Jahr zu errichten. In der Kärntner Landesregierung sieht man wesentliche Potentiale zur CO<sub>2</sub> Reduktion im Bereich der solarthermischen Warmwasseraufbereitung und Raumheizung. Es ist geplant einerseits den Energieverbrauch zu reduzieren und andererseits fossile durch erneuerbare Energieträger zu ersetzen.<sup>79</sup>

---

<sup>79</sup> Quelle: [http://www.ktn.gv.at/150189\\_DE-Energiewirtschaft-Thermische\\_Solaranlagen](http://www.ktn.gv.at/150189_DE-Energiewirtschaft-Thermische_Solaranlagen) am 10.04.2012

Die Förderung wird in drei unterschiedliche Einsatzbereiche gegliedert.<sup>80</sup>

- Ein- und Zweifamilienhäuser, öffentliche Gebäude, sowie Gebäude von gemeinnütziger Vereinigung
  - a.) Grundförderung
    - Warmwasserbereitung € 1.000,-
    - Warmwasserbereitung und Raumzusatzheizung € 1.500,-
  - b.) pro m<sup>2</sup> Bruttokollektorfläche zusätzlich € 50,-
- Mehrgeschossiger Wohnbau (ab 3 Wohneinheiten)
  - a.) Grundförderung € 1.000,-
  - b.) Pro angeschlossene Wohnung zusätzlich € 100,-
  - c.) Pro m<sup>2</sup> Kollektorfläche zusätzliche € 50,-
- Solaranlagen für sonstige Gebäude (z. B. Privatzimmervermietung, gewerblich genutzte Gebäude)
  - Pro m<sup>2</sup> Kollektorfläche € 100,-

Die Förderungen des Landes Kärnten unterliegen allerdings noch einigen Voraussetzungen. So ist eine Förderung von Objekten, die in Gebieten mit Biomasse-Fernwärmeversorgung liegen und im Sommer eine Warmwasseraufbereitung anbieten, keine Förderung möglich. Bei heizungsunterstützenden Anlagen darf die Wärmeerzeugung ausschließlich Wohnbedürfnissen dienen. Dieses Förderprogramm zielt als solches vor allem auf den privaten Bereich ab.

Für die größeren solarthermischen Anlagen für Prozesswärme kommen somit nur die Umweltförderung im Inland sowie die Förderaktion des Klima- und Energiefonds der Österreichischen Bundesregierung in Frage.

---

<sup>80</sup> Quelle: [www.energiwirtschaft.ktn.gv.at/150189\\_DE%2dEnergiewirtschaft%2dThermische%5fSolaranlagen](http://www.energiwirtschaft.ktn.gv.at/150189_DE%2dEnergiewirtschaft%2dThermische%5fSolaranlagen)  
am 05.01.2012

## 4.2. Wirtschaftlichkeitsberechnungen einer Solaranlage

Die Wirtschaftlichkeit wird anhand verschiedener Annahmen berechnet. Man muss in Betracht ziehen, dass die Investitionskosten voll zu tragen sind oder aber durch den Erhalt einer Förderung gesenkt werden. Im Kapitel 4.2.1. Regionale und nationale Förderprogramme wurden die unterschiedlichen Förderprogramme, die in Frage kommen, vorgestellt. Die Berechnungen muss also mit und ohne Förderung durchgeführt werden.

Ebenso ist es notwendig die Lebensdauer der Solaranlage zu berücksichtigen. Diese liegt heute bei qualitativ hochwertigen Produkten bei etwa 25 Jahren. Dies muss natürlich kritisch betrachtet werden, da sich einerseits durch die hohen Investitionskosten lange Amortisationszeiten ergeben und andererseits sich über diesen langen Zeitraum die Prozesse selbst ändern können und die Wärmemengen in diesem Ausmaß eventuell nicht mehr benötigt werden.

Des Weiteren muss in der Wirtschaftlichkeitsberechnung die Energiepreisentwicklung berücksichtigt werden. Diese zu bestimmen ist kein einfaches Unterfangen, da sehr viele Determinanten für eine langfristige Preisentwicklung relevant sind. Sie können angebotsseitig bestimmt sein, wie z. B. Reserven, technischer Fortschritt oder Gewinnungskosten der Rohstoffe oder auch seitens der Nachfrager entstehen, wie z. B. Bevölkerungswachstum, Substitutionsmöglichkeiten oder Einsparpolitik seitens der Regierungen.

Als Maßstab für die Energiepreisentwicklung wird der Rohölpreis angesehen. Er nimmt im weltweiten Energiemix mit 33,1 % die erste Stelle ein und ist auch der Preisindikator für Gas und Kohle.<sup>81</sup> Vor 20 Jahren lag dieser bei etwa 20 US\$ pro Barrel und stieg kontinuierlich bis zum Jahre 2008. In diesem Jahr gab es eine extreme Volatilität und im August 2008 erreichte der Ölpreis seinen bisherigen Höchststand von 150 US\$. Im selben Jahr rutschte der Preis wieder ab und oszilliert derzeit um die 80 US\$ pro Barrel.<sup>82</sup>

---

<sup>81</sup> Vgl. <http://www.bpb.de/nachschlagen/zahlen-und-fakten/globalisierung/527507energiemix> am 14.04.2012

<sup>82</sup> Vgl. Kausch, P., et al. (Hrsg.) Energie und Rohstoffe, Gestaltung unserer nachhaltigen Zukunft (2011). S. 11.



Eine Ölpreisentwicklung festzulegen wäre eine Mutmaßung, denn niemand kann seriös vorhersagen, wo der Preis in einem, fünf oder zehn Jahren liegen wird. Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung wird deshalb in dieser Arbeit mit zwei verschiedenen Annahmen gerechnet. Zuerst mit einer mäßigen Steigerung von 4 % und darauf mit einer hohen, aber nicht unrealistischen Steigerung von 10 %.

Anhand dieser Daten wird in den folgenden Kapiteln aufgezeigt, wie die Wirtschaftlichkeit mithilfe der Amortisationsrechnung und der Kapitalwert-Methode berechnet wird.

#### **4.2.1. Berechnung mittels Kapitalwertmethode**

Die Ermittlung der absoluten und der relativen Vorteilhaftigkeit der betrachteten Solaranlage wird mittels der Kapitalwertmethode durchgeführt. Sie ist die zweite Methode, die hier Vorge stellt wird. Es werden hier alle Kosten bzw. Einsparungen auf einen gemeinsamen Bezugszeitpunkt ab- oder aufgezinst. Einsparungen deshalb, da eine Solaranlage keinen Einnahmen generieren kann, sondern die gesparten Energiekosten im Vergleich zu einer Anlage ohne solare Unterstützung als Einnahmen betrachtet werden können. Solange die Berechnung einen positiven Kapitalwert ergibt, solange ist die Investition in die Solaranlage vorteilhaft. Der Kapitalwert stellt also den erwirtschafteten Überschuss einer Investition am Anfang des Betrachtungszeitraums dar.

Es müssen beim Kapitalwert zwei Fälle unterschieden werden:<sup>83</sup>

1. Man will durch die Berechnung feststellen, welche der Systemalternativen die wirtschaftlichste ist. Da man mit einer Solaranlage keine Erlöse erwirtschaftet, werden auch keine Einzahlungen fällig. Es sind somit alle Barwerte negativ. Man vergleicht diese Werte der in die Wirtschaftlichkeitsanalyse einbezogenen Systemalternativen. Die Alternative mit dem größten Kapitalwert ist die wirtschaftlichste.
2. Die erzielte Kosteneinsparung der Solaranlage sind die Einnahmen. Es wird nur eine Systemalternative untersucht. Hier kann der Kapitalwert entweder

---

<sup>83</sup> Vgl. Burkhardt, W., Kraus, R., München (2006). S. 494.

positiv, negativ oder auch null sein. Es gilt hier: Die Investition lohnt sich, wenn der Kapitalwert positiv ist.

In der Regel wird im Bereich der thermischen Solarenergie stets der zweite Fall Anwendung finden. Es handelt sich immer um die Frage, ob man in den Betrieb einer Solaranlage investiert oder nicht. Die Entscheidungsgrundlage sollte demnach eine Aussage über die Wirtschaftlichkeit der Investition geben und die Alternativbetrachtung fällt meist weg.

Für die Berechnung des Kapitalwertes werden folgende Parameter benötigt:

Parameter
Zeitraum
Kalkulationszinssatz
Energiepreissteigerung
Brennstoffpreis (Hackschnitzel)
Strompreis
Inflation

Tabelle 4-1: Daten für die Kapitalwertberechnung.

Die Berechnung erfolgt nach der mathematischen Formel:

$$C_0 = -I_0 + F + \sum_{t=1}^n \frac{c_t}{(1+p)^t}$$

Ist der Kapitalwert positiv, so besteht Wirtschaftlichkeit, ist der Kapitalwert negativ, so lohnt sich die Investition nicht.

Die Berechnungen müssen wiederum für die unterschiedlichen Varianten durchgeführt werden.

#### 4.2.2. Berechnung der Amortisationszeit

Bei der Amortisationsberechnung stellt man sich die Frage, nach wie viel Jahren sich die Investition bezahlt gemacht macht. Das heißt, sie gibt den Zeitraum an bis wann die Einzahlungen größer sind als die Auszahlungen. Erst nach diesem Zeitraum beginnt das „eigentliche Verdienen“.<sup>84</sup> Die Amortisationsberechnung sollte immer nur als zusätzliches Kriterium durchgeführt werden, da sie kein Erfolgs- sondern ein Risikokriterium darstellt.<sup>85</sup>

Da bei der statischen Amortisationsrechnung einige wichtige Kriterien wie z.B. Preissteigerungen, Inflationsrate oder die Verzinsung nicht berücksichtigt werden, wird für die Berechnung der Amortisationszeit bei Solaranlagen die dynamische Amortisationsberechnung verwendet. Im Gegensatz zur statischen Berechnung wird der jeweilige Zeitpunkt der Ein- und Auszahlungen durch entsprechende Diskontierung mit berücksichtigt. Dies ist notwendig, da sich die Einsparungen mit der Erhöhung der Energiepreise ändern. Die mathematische Formel für die dynamische Amortisationsberechnung lautet wie folgt:

$$A_{dyn} = (I_0 - F) \frac{t}{\sum_{t=1}^n \frac{c_t}{(1+p)^t}}$$

Zur Investitionsentscheidung müssen die dynamischen Amortisationszeiten aller Maßnahmen berechnet werden. Die Investition ist in die Maßnahme mit der kürzesten Amortisationszeit zu tätigen. Bei der Entscheidung, eine thermische Solaranlage für Prozesswärme zu betreiben, wird die Entscheidung dahingehend getroffen, dass die Amortisationszeit nicht über der Lebensdauer liegen darf.

<sup>84</sup> Vgl. Kruschwitz, L., (2011). S. 310.

<sup>85</sup> Vgl. Huch, B., Behme, W., Ohlendorf, T., (2004). S. 128.

## 5. Fallbeispiel

Anhand eines Fallbeispiels aus dem Großraum Klagenfurt soll im Folgenden die Möglichkeiten für den Einsatz solarer Prozesswärme gezeigt werden und die Wirtschaftlichkeit analysiert werden. Hierfür ist zunächst ein geeignetes Unternehmen auszuwählen. Die Basis für die Auswahl bilden einerseits die Prozesse, welche im Kapitel 3.1. identifiziert wurden und andererseits die Potentialanalyse für den Großraum Klagenfurt. Im Rahmen dieser Potentialanalyse wurden zuerst die entsprechenden Branchen analysiert und darauf die treffenden Unternehmen recherchiert.

Die Branche die sich im Kapitel 3.1. als besonders geeignet herausstellte ist die Lebensmittelbranche. Fast alle aufgezeigten Prozesse kommen in dieser Branche zur Anwendung. Speziell die Herstellung von Heißwasser und Dampf ist hier stark vertreten. Angefangen bei allen Kochvorgängen wird dies auch etwa zum Reinigen von Flaschen benötigt.

Ein Unternehmensparte, welche sich hier besonders für eine mögliche Integration einer solarthermischen Anlage eignet, ist die Sparte der Brauereien. Der Energieaufwand für die Produktion ist hier besonders hoch. Als Fallbeispiel soll hier die Schleppe Brauerei in Klagenfurt betrachtet werden und an dieser die Möglichkeit einer solarthermischen Wärmeintegration dargestellt werden.

### Schleppe Brauerei

Die Schleppe Brauerei in Klagenfurt ist ein 1607 gegründetes Brauereiunternehmen. Sie Brauerei hat mit ihrer über 400jährigen Geschichte eine lange Tradition in der Herstellung von Bier.

Seit Juni 1996 gehört die Schleppe Brauerei zu dem Konzern der Kärntner Brauereien, deren Muttergesellschaft die Villacher Brauerei in Villach ist. Im Jahr 2000 wurde die Brauerei umgebaut und man konzentrierte sich auf Bierspezialitäten. Jährlich werden an diesem Standort mit etwa 50 Mitarbeitern rund 32.000 hl Bier produziert. Der Großteil der Produktion wird im Großraum Klagenfurt vertrieben.

Im Zuge des Umbaus im Jahr 2000 entstand auf dem Areal der Brauerei auch eine Veranstaltungshalle und ein Businesspark mit ca. 4.500 m<sup>2</sup> Bürofläche. Neben der benötigten Energie für die Prozesswärme für die Bierherstellung entstehen dadurch am dortigen Standort auch hohe Energiekosten für die Raumwärme.



Abbildung 5-1: Areal der Schleppe Brauerei in Klagenfurt.

Die im gesamten Areal benötigte Energie für die Raumwärme sowie die benötigte Prozessenergie für die Brauprozesse werden mittels Gas erzeugt. Der Jahresverbrauch liegt hier im Schnitt bei etwa 70.000 m<sup>3</sup> Erdgas. Davon entfallen circa 65 % auf die Raumwärme und 14 % auf die Produktion und Abfüllung. Die restlichen 21 % sind nicht exakt zuordenbar und Verluste im Wärmetransport.

Die rot markierte Fläche in Abbildung 5 zeigt die verfügbare Fläche für die Montage einer thermischen Solaranlage. Sie liegt in der Mitte des Areals und umfasst etwa 1.400 m<sup>2</sup>. Beachtet man die Verschattung der einzelnen Kollektorreihen so würde man 400 m<sup>2</sup> Kollektorfläche installieren können. Eine möglich technische Umsetzung wird in den nächsten zwei Kapiteln näher beschrieben.

## 5.1. Anlagendimensionierung

Um die Größe der Solaranlage bestimmen zu können benötigt man einerseits die monatlichen Verbrauchsdaten und andererseits die verfügbare Fläche für die Montage der Kollektoren. Anhand dieser Daten können verschiedene Simulationen durchgeführt und eine wirtschaftlich sinnvolle Größe bestimmt werden.

Wie im vorangegangenen Kapitel beschrieben, benötigt man am ganzen Areal 70.000 m<sup>3</sup> Erdgas für die Wärmeerzeugung. Ein m<sup>3</sup> Erdgas entspricht circa 11,09 kWh. Das ergibt einen Wärmeverbrauch von 776 MWh. Die Aufteilung der verbrauchten Energie auf die einzelnen Monate stellt sich wie folgt dar:

Verbrauchte Wärmeenergie pro Monat [MWh]													
	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Gesamt
<b>Heizung</b>	106	87	60	26	0	0	0	0	0	35	80	111	505
<b>Produktion</b>	7	8	8	9	10	10	11	11	10	9	8	7	108
<b>Verluste</b>	30	25	18	9	3	3	3	3	3	12	23	31	163
<b>Gesamt</b>	143	120	86	44	13	13	14	14	13	56	111	149	<b>776</b>

Tabelle 5-1: Wärmeenergieverbrauch in MWh pro Monat am Schleppe Areal 2011.<sup>86</sup>

Anhand der gezeigten Tabelle über die monatliche Verteilung des Wärmeverbrauches, lässt sich eine deutliche Konzentration auf die Wintermonate erkennen. Dies resultiert aus dem hohen Raumwärmeverbrauch und dem im Verhältnis dazu geringen Prozesswärmebedarf. Eine solare Unterstützung sollte demnach speziell für den Energiebedarf im Sommer ausgelegt werden.

<sup>86</sup> Quelle: Vereinigte Kärntner Brauereien, interne Verbrauchsaufzeichnungen

Die in der Tabelle gezeigten Verluste spiegeln einerseits die Verluste in den Rohrleitungen wieder und andererseits zählen auch die Verbraucher bzw. Prozesse dazu, welche für die Datenmessung noch nicht erfasst wurden.

Ebenso notwendig für eine aussagekräftige Simulation sind die benötigten Warmwassertemperaturen. Im Allgemeinen bewegen sich diese bei etwa 75 °C – 80 °C in den Reinigungsprozessen sowie beim Maischen und Läutern im Sudhaus und bis 100 °C für die Kochprozesse der Brauereien bis 100 °C. Im vorliegenden Fallbeispiel macht der Anteil dieses hohen Temperaturniveaus lediglich 2 % aus. In der Simulation wird daher mit einer Vorlauftemperatur von 80 °C gerechnet.

Mittels der angegebenen Daten lässt sich eine Simulation der Solaranlage am entsprechenden Standort durchführen und man erhält den solaren Deckungsgrad, den Systemnutzungsgrad und die eingesparte Energie.

<b>Simulationsergebnisse der Solaranlage Schleppe Areal</b>		
Installierte Kollektorleistung:	286,72 kW	
<b>Installierte Kollektorfläche (Brutto):</b>	<b>409,6 m²</b>	
Einstrahlung Kollektorfläche (Bezug):	527,59 MWh	1.409,15 kWh/m²
Abgegebene Energie Kollektoren:	169,07 MWh	451,58 kWh/m²
Abgegebene Energie Kollektorkreis:	156,01 MWh	416,70 kWh/m²
Energielieferung Prozesswärme:	775,69 MWh	
Zugeführte Energie Zusatzheizung:	635,7 MWh	
Systemnutzungsgrad:	29,60%	

Tabelle 5-2: Simulationsergebnisse für die Solaranlage Schleppe Areal, berechnet mit der Simulationssoftware T-SOL

Bei einer maximal möglichen Anlagengröße von 409,6 m² erhält man von der Solaranlage einen jährlichen Ertrag von 156,01 MWh. Die durch den solaren Ertrag eingesparte Energie beträgt jährlich 140 MWh.

## 5.2. Technische Beschreibung des Solarsystems

Die im Zentrum des Areals befindliche Lagerhalle dient als Montageort für das Kollektorfeld. Berücksichtigt man die Verschattung der Kollektoren und die zur Verfügung stehende Dachfläche von circa 1.400 m<sup>2</sup>, so ergibt dies bei einer 45° Montage, ein Kollektorfeld von 160 Kollektoren mit einer Bruttofläche von 409,60 m<sup>2</sup>.

Als Energieträgermedium dient ein Wasser-Glykol-Gemisch, das die Energie mittels einer Übergabestation an den Pufferspeicher abgibt. Bei der angegebenen Kollektorfläche von 409,60 m<sup>2</sup> benötigt man bei einem Wirkungsgrad von 60 % und einer maximalen solaren Einstrahlung von 1000 W/m<sup>2</sup> einen Wärmeüberträger mit 250 kW. Dieser übergibt die Wärme des Solarkreislaufes an den Pufferspeicher. Die Größe des Pufferspeichers richtet sich ebenfalls nach der Größe des Kollektorfeldes. Für dieses Kollektorfeld ergibt das eine Größe von 30.000 Liter.

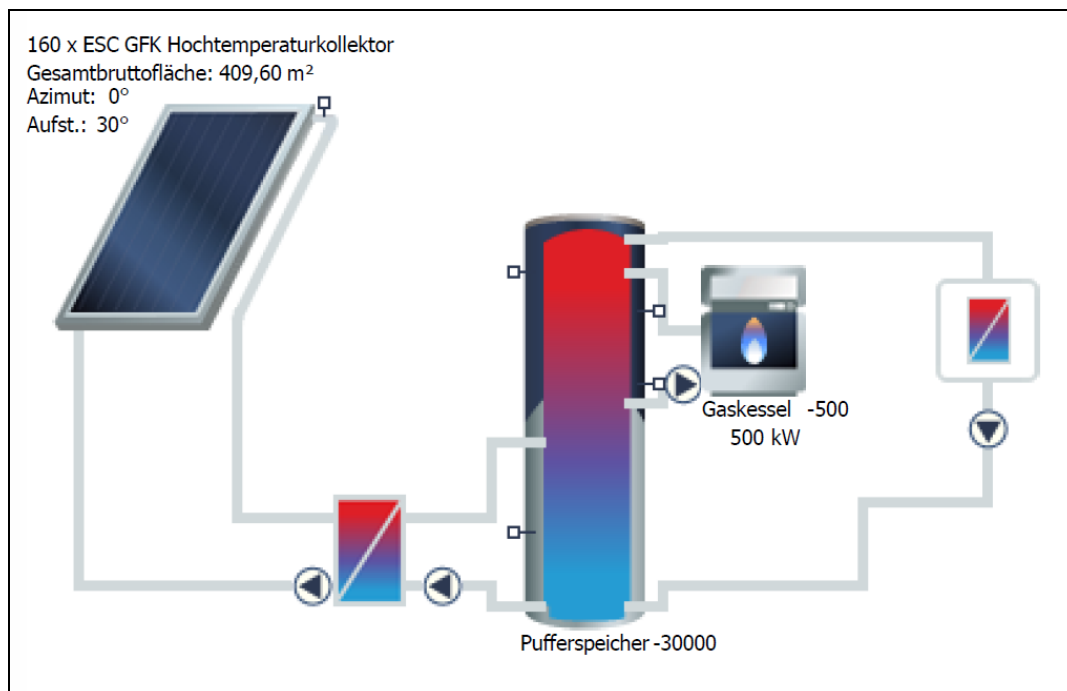


Abbildung 5-2: Vereinfachte Darstellung des Solarsystems für das Schleppe Areal<sup>87</sup>

<sup>87</sup> Schematische Abbildung aus der Simulationssoftware T-SOL



Mittels eines Temperaturdifferenzreglers werden die Pumpen auf der Primär- und Sekundärseite gesteuert. Bei einer vordefinierten Temperaturdifferenz startet die Wärmeübertragung an den Pufferspeicher der Solaranlage und ladet diesen bis zu einer maximalen Temperatur von 90 °C.

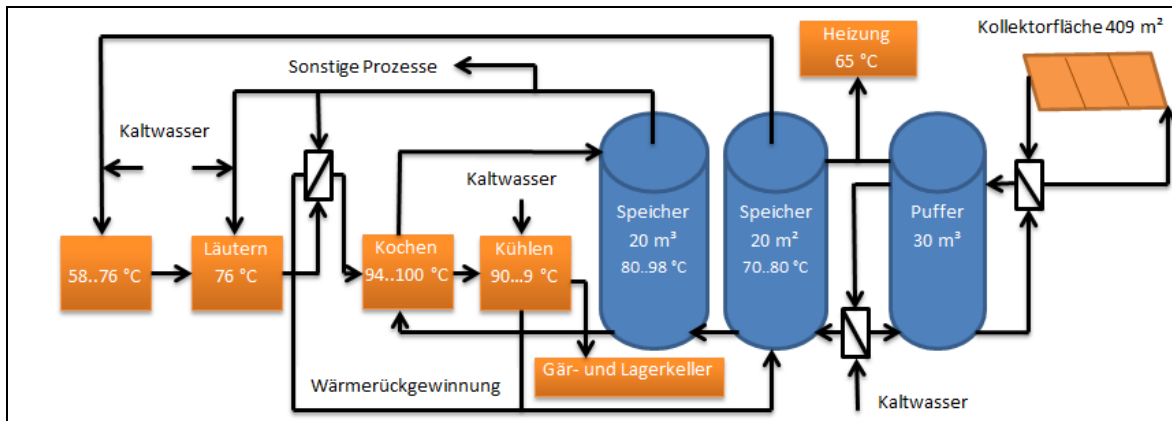


Abbildung 5-3: Prinzipskizze der hydraulischen Schaltung des Wärmeverteilsystems<sup>88</sup>

Vom Pufferspeicher wird das solar erwärmte Wasser in den ersten 20m³ Speicher eingespeist. Dieser Speicher wird zusätzlich aus der Wärmerückgewinnung gefüllt. Hierfür muss während der Produktionszeiten von Montag bis Freitag entsprechendes Volumen freigehalten werden. Der erste Speicher hat ein etwas niedrigeres Temperaturniveau und versorgt direkt den Prozessschritt Maischen. Des Weiteren versorgt er auch den zweiten Speicher mit Heißwasser. Von diesem werden die Prozesse Läutern, Filtration und Reinigung versorgt. Das benötigte Temperaturniveau beträgt hier etwa 80 °C.

Für die Raumwärme wird eine Vorlauftemperatur von 65 °C benötigt. Diese wird vom Pufferspeicher direkt oder bei Bedarf vom ersten Speicher versorgt. Sie ist auf mehrere Heizkreise aufgeteilt. Die Rücklauftemperatur beträgt circa 30 °C und wird in den Pufferspeicher eingespeist. Als primäre Energiequelle versorgt der Gaskessel die Speicher 1 und 2.

<sup>88</sup> Eigene Abbildung

### 5.3. Ökonomische Betrachtung

Als Basis für die ökonomische Betrachtung der Solaranlage am Schleppe Areal werden zuerst die Investitionskosten betrachtet. Darauf fließen diese mit den Werten der Ertragssimulation in die Barwert- sowie in die Amortisationsberechnung ein. Die weiteren benötigten Werte wie Gaspreis oder Inflation werden angenommen und in Bezug auf die Entwicklung mit unterschiedlichen Varianten berechnet.

Eine erste Kostenabschätzung der Solaranlage ergab einen Investitionsbedarf von 128.850,00 EUR. Dieser schlüsselt sich wie folgt auf:

Investitionskosten Solarsystem Schleppe Areal			
160 Stk.	Kollektoren	€ 335,00	€ 53.600,00
160 Stk.	Befestigung	€ 92,00	€ 14.720,00
1 Stk.	Pufferspeicher 30.000 Liter		€ 23.500,00
1 Stk.	Hydraulik, Rohrsystem		€ 13.200,00
1 Stk.	Übergabstation, Wärmetasucher		€ 3.500,00
3 Stk.	Solarausdehnungsgefäß	€ 930,00	€ 2.790,00
1 Stk.	Solarregler Genius		€ 540,00
1 Stk.	Montage und Inbetriebnahmen		€ 17.000,00
	<b>Gesamtsumme</b>		<b>€ 128.850,00</b>

Tabelle 5-3: Investitionskosten des Solarsystems für das Schleppe Areal

Da die technische Beschreibung in dieser Arbeit eine detaillierte technische Ausarbeitung des Projektes nicht ersetzt, werden auch für die Planung der Anlage 5.000,00 EUR hinzugerechnet. Für die Berechnungen wird also die Gesamtinvestition von 133.850,00 EUR angesetzt.

Der jährliche Ertrag der Solaranlage beläuft sich 156.014 kWh. Durch Verluste im Rohrsystem und am Speicher, können davon nur 139.990 kWh<sup>89</sup> für die Prozesswärme bereitgestellt werden. Für die weiteren Berechnungen werden gerundet 140 MWh verwendet.

<sup>89</sup> Siehe T-SOL Berechnung im Anhang.

Die Lebensdauer der Solaranlage wird mit 20 Jahren angesetzt. Dieser Wert kann nach bestehenden Erfahrungen bei dem Einsatz qualitativer Produkte durchaus herangezogen werden. Somit ergeben sich für die Wirtschaftlichkeitsberechnung folgende Randbedingungen:

Parameter	Wert
Kollektorfläche [m <sup>2</sup> ]	409,60
Investitionskosten [EUR]	133.850
Förderung [EUR]	53.540
Betriebskosten [%]	1
Betriebskosten [EUR]	1.338
Verbrauchsgebundene Kosten [%]	4
Solarer Ertrag [MWh/a]	140
Strompreis [ct/kWh]	10,58 <sup>90</sup>
Verbrauchsgebundene Kosten [EUR]	592
Gaspreis [ct/kWh]	4,825
Inflation [%]	2,5
Kalkulationszins [%]	3

Tabelle 5-4: Datenbasis für die Wirtschaftlichkeitsberechnung

### Berechnung mittels Kapitalwertmethode

Die Ermittlung der absoluten und der relativen Vorteilhaftigkeit der betrachteten Solaranlage wird mittels der Kapitalwertmethode durchgeführt. Es werden hier alle Kosten bzw. Einsparungen auf einen gemeinsamen Bezugszeitpunkt ab- oder aufgezinst. Einsparungen deshalb, da eine Solaranlage keinen Einnahmen generieren kann, sondern die gesparten Energiekosten im Vergleich zu einer Anlage ohne solare Unterstützung als Einnahmen betrachtet werden können.

<sup>90</sup> Quelle: <http://www.e-control.at/de/Industrie/strom/strompreis> am 28.12.2011.

Solange die Berechnung einen positiven Kapitalwert ergibt, solange ist die Investition in die Solaranlage vorteilhaft. Für die Berechnung des Kapitalwertes wurden folgende Parameter eingesetzt:

Parameter	Wert
Zeitraum	20 Jahre
Kalkulationszinssatz	3 % p.a.
Energiepreissteigerung	4 % bzw. 10 % p.a.
Brennstoffpreis (Erdgas) <sup>91</sup>	4,825 ct/kWh
Strompreis <sup>92</sup>	10,58 ct/kWh
Inflation	2 % p.a.

Tabelle 5-5: Daten für die Kapitalwertberechnung

Die Berechnung erfolgt nach der mathematischen Formel:

$$C_0 = -I_0 + F + \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+p)^t}$$

Dadurch ergeben sich folgende Barwerte:<sup>93</sup>

Barwert bei einer Energiepreissteigerung von 4 % und Erhalt von Fördermittel:

EUR 27.340,57

Barwert bei einer Energiepreissteigerung von 10 % und Erhalt von Fördermittel:

EUR 135.866,72

Barwert bei einer Energiepreissteigerung von 4 % und ohne Erhalt von Fördermittel:

**EUR -26.199,43**

Barwert bei einer Energiepreissteigerung von 10 % und ohne Erhalt von Fördermittel: EUR 82.326,72

Die Berechnungen der unterschiedlichen Varianten zeigen einen durchaus positiven Trend für die Investition in eine Solaranlage. Es zeigt sich lediglich bei der Varianten

<sup>91</sup> Quelle: <http://www.energieinstitut.at> am 05.01.2012.

<sup>92</sup> Quelle: <http://www.energieinstitut.at> am 05.01.2012.

<sup>93</sup> Detaillierte Berechnung siehe Berechnungsblatt 1 und 2 im Anhang.

mit der mäßigen Energiepreissteigerung von 4 % und ohne Förderung ein negativer Kapitalwert. Bei dieser Variante sollte man von einer Investition absehen.

### Berechnung der Amortisationszeit

Als zweite Methode zur Betrachtung der Wirtschaftlichkeit wird die Amortisationsrechnung herangezogen. Für die Berechnung der Amortisationszeit bei Solaranlagen wird die dynamische Amortisationsberechnung verwendet. Im Gegensatz zur statischen Berechnung wird der jeweilige Zeitpunkt der Ein- und Auszahlungen durch entsprechende Diskontierung mit berücksichtigt. Dies ist notwendig, da sich die Einsparungen mit der Erhöhung der Energiepreise ändern. Die mathematische Formel für die dynamische Amortisationsberechnung lautet wie folgt:

$$A_{dyn} = (I_0 - F) \frac{t}{\sum_{t=1}^n \frac{c_t}{(1+p)^t}}$$

Die Amortisationszeiten für die betrachteten Varianten betragen:<sup>94</sup>

Energiepreissteigerung 4 %, mit Förderung: 15,52 Jahre

Energiepreissteigerung 10 %, mit Förderung: 11,05 Jahre

Energiepreissteigerung 4 %, ohne Förderung: keine Amortisation im Betrachtungszeitraum

Energiepreissteigerung 10 %, ohne Förderung: 15,27 Jahre

Es zeigt sich hier durch den Erhalt einer Förderung, ein wesentlicher Unterschied in der Amortisation. Wiederum nur bei der Variante mit der mäßigen Energiepreissteigerungsrate von 4 % und ohne Förderung würde die Amortisation nicht im Betrachtungszeitraum liegen

Auch wenn die Amortisationszeiten in Industrie- und Gewerbebetrieben meist weit tiefer angesetzt und erwartet werden, so gilt es gerade im Bereich der alternativen Energieerzeugung dies zu überdenken.

<sup>94</sup> Detaillierte Berechnung siehe Berechnungsblatt 1 und 2 im Anhang.

## 5.4.      Ökologische Betrachtung

Betrachtet man die Energiegewinnung mittels einer Solaranlage aus der ökologischen Sicht so gilt es zwei wesentliche Aspekte zu berücksichtigen. Dies ist einerseits die benötigte Energie für die Herstellung und den Betrieb der Solaranlage und andererseits der durch die Solaranlage verminderte Brennstoffbedarf und der dadurch reduzierte CO<sub>2</sub> Ausstoß.

Die Herstellung der Anlagenkomponenten scheint sehr materialintensiv zu sein. Dies wird jedoch durch den geringen Energiebedarf im Betrieb kompensiert. Der hier ausschlaggebende Wert nennt sich energetische Amortisation und wurde bereits in der Einleitung kurz erwähnt. Eine Studie der Universität Stuttgart errechnete anhand einer normierten Solaranlage von 5 m<sup>2</sup> einen Energieaufwand von 3.214 kWh.<sup>95</sup> Legt man diesen Wert auf die 409 m<sup>2</sup> des Fallbeispiels, so wäre der Energieaufwand für die Herstellung der Anlage 262.905,20 kWh. Bei einem jährlichen Ertrag von 140.000 kWh läge die energetische Amortisation bei 1,87 Jahren. Das heißt, die benötigte Energie zur Herstellung der Solaranlage ist nach diesem Zeitraum durch die Solaranlage selbst produziert worden. Im Verhältnis zu der erwarteten Lebensdauer von 20 bis 25 Jahren ist dieser Wert sehr gering.

Bezüglich der Schadstoffe sind Solaranlagen in sich geschlossene Systeme und stoßen daher keine Emissionen aus. Bei der betrachteten Anlage substituiert die Solaranlage 12.730 m<sup>3</sup> Erdgas. Dies entspricht dem jährlichen Ertrag von 140 MWh und man erhält dadurch eine CO<sub>2</sub> Einsparung von 25 Tonnen pro Jahr.

---

<sup>95</sup> Vgl. Streicher, E., Heidmann, W., Müller-Steinhagen H., (2002). S. 6.

## 6. Ausblick

Das Anwendungsgebiet in der solaren Prozesswärme ist breit gestreut. Betrachtet man die ausgewählten Branchen, so bieten sich bereits heute ausreichend Prozesse im Niedertemperaturbereich für eine thermische Solarunterstützung an. Speziell die Branchen in der Lebensmittelindustrie, der chemischen Industrie und Textilindustrie sind hier hervorzuheben. Nimmt man die Raumwärme hinzu, so ist das vorhandene Marktpotential schier unerschöpflich.

Wie im Fallbeispiel ersichtlich ist der Einsatz von Solarwärme mit und ohne Förderung durchaus sinnvoll. Wenngleich sich auch wesentliche Unterschiede durch den Erhalt von Fördermitteln ergeben. Wegen des derzeitigen Trends der Bevorzugung der Förderung von Photovoltaikanlagen im Vergleich zu thermischen Anlagen besteht die Gefahr, dass es zu massiven Minderungen der Fördermittel für Solarwärme kommen kann, was sich aufgrund der momentanen Marktpreise, auf die Wirtschaftlichkeit auswirken kann.

Durch ein entsprechendes Marktwachstum und Produktweiterentwicklungen ist bezüglich der Anlagenkosten eine Preissenkung zu erwarten. Dies wird die Solarwärme in Zukunft noch attraktiver machen und in weiterer Sicht förderunabhängig machen.

In diese Richtung wirkt auch die Entwicklung der Energiepreise. Verknappung der Rohstoffe und eine ständig wachsende Weltbevölkerung steigern die Nachfrage nach Energie. Die Entwicklung der Energiepreise kann nur erahnt werden. Ein Trend stark nach oben lässt sich allerdings schon seit einigen Jahren beobachten.

Weiteres muss beim Wirtschaftlichkeitsvergleich berücksichtigt werden, dass die Kosten für die Beeinträchtigung der Umwelt und Gesundheit infolge der CO<sub>2</sub> Belastung nicht im Energiepreis für konventionelle Energien enthalten sind. Eine Berechnung dieser, würde die Vorteilhaftigkeit der regenerativen Energien verstärkt aufzeigen und diese im Vergleich noch günstiger machen.

## Zeichenerklärung

### Formelzeichen

$A_{dyn}$	dynamische Amortisationszeit	[a]
$C_0$	Kapitalwert	[EUR]
$c_t$	Einzahlungsüberschuss	[EUR]
$F$	Fördersumme	[EUR]
$I_0$	Investition	[EUR]
$n$	Laufzeit	[a]
$p$	Kalkulationszinsfuß	[% p.a.]
$t$	Betrachtungszeitraum	[a]
$\eta$	Wirkungsgrad	
$\eta_0$	Konversionsfaktor bei Einstrahlwinkel von $0^\circ$	
$a_1$	Wärmeverlustkoeffizient (linear)	
$a_2$	Wärmeverlustkoeffizient (quadratisch)	
$T_m$	mittlere Absorbertemperatur	[°C]
$T_a$	mittlere Umgebungstemperatur	[°C]
$G^*$	einfallende Strahlungsleistung	[W/m <sup>2</sup> ]



## Literatur- und Quellenverzeichnis

AEE Intec (Hrsg.), Erneuerbare Energie 2005-3, Solare Prozesswärme, Gleisdorf 2005.

AEE Intec (Hrsg.): Solar Heat Worldwide, Markets and Contribution to the Energy Supply 2009, Gleisdorf 2011.

Bertelsmann (Hrsg.): Das neue Universallexikon, München 2006.

Blatter, Max: Geografie der Erneuerbaren Energien, 2., überarbeitete und aktualisierte Auflage, Bremgarten 2011.

Bullinger, Hans-Jörg (Hrsg.): Technologieführer: Grundlagen, Anwendungen, Trends; Berlin 2007

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie BMVIT (Hrsg.): Innovative Energietechnologien in Österreich, Marktentwicklung 2010, Wien 2011.

Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend BMWFJ (Hrsg.): Energiestatus Österreich 2011, Wien 2011.

Burkhardt, W., Kraus, R., Projektierung von Warmwasserheizungen, 7. Auflage, München 2006.

Christen, Daniel S.: Praxiswissen der chemischen Verfahrenstechnik, Handbuch für Chemiker und Verfahrensingenieure, Heidelberg 2010.

Energie-Control Austria (Hrsg.): Statistikbroschüre 2011, Wien 2011.

European Commission, IPPC, BAT in the Food, Drink and Milk Industries, Brüssel

European IPPC Bureau (EIPPCB), 2003b. Reference Document on Best Available Techniques (BREF) for the Textile industry. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies, Sevilla 2003.

Götzberger, A.; Hoffmann, V. U.: Photovoltaik Solar Energy Generation, Heidelberg 2005.

Hadamovsky, Hans-Friedrich; Jonas, Dieter: Solaranlagen, Die neue Meisterprüfung; Würzburg 2000

Heiss, Rudolf (Hrsg.), Lebensmitteltechnologie: Biotechnische, chemische, mechanische und thermische Verfahren der Lebensmittelverarbeitung, 6. Auflage, Heidelberg 2004.

Hofmann, H., Mauch, W. Untze W.: Zucker und Zuckerwaren, 2. Auflage, Hamburg 2004.

Huch, B., Behme, W., Ohlendorf, T.: Rechnungswesen- orientiertes Controlling, Ein Leitfaden für Studium und Praxis, 4. Auflage, Heidelberg 2004.

International Energy Agency IEA (Hrsg.): Potential for Solar Heat in Industrial Processes, Madrid 2008.

Kausch, P., et al. (Hrsg.) Energie und Rohstoffe, Gestaltung unserer nachhaltigen Zukunft, Heidelberg 2011.

Kruschwitz, Lutz: Investitionsrechnung, 13. Auflage, München 2011.

Lechner, Karl; Egger, Anton; Schauer, Reinbert: Einführung in die allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 22. Auflage, Wien 2006.

M & H Schaper GmbH & Co KG (Hrsg.), Supplemente zu Vorlesung und Übungen in der Tierernährung, Alfeld-Hannover 2004.

Meffert, H., Burmann, C., Kirchgeorg, M.: Marketing, Grundlagen marktorientierter Unternehmensführung, 10 Auflage, Wiesbaden 2008.

Mösl. Roland, Aufstieg zum Solarzeitalter, Salzburg 1993.

Neubarth, J.; Kaltschmitt, M. (Hrsg.): Erneuerbare Energien in Österreich, Wien 2000.

Norm DIN 18960, Nutzungskosten im Hochbau, 2008-02

Norm DIN 276, Kosten im Bauwesen, Teil 1, Hochbau, Ermittlung und Gliederung von Kosten im Bauwesen, 2008-12/2009-08

Olfert, K. (Hrsg.): Kompendium der praktischen Betriebswirtschaft 15. Auflage Ludwigshafen 1977.

Perridon, Louis, Steiner, Manfred: Finanzwirtschaft der Unternehmung, 13. Auflage, München 2004.

Peuser, Felix A.; Remmers, Karl-Heinz; Schnauss, Martin: Langzeiterfahrung Solarthermie; Berlin 2001.

Rebhan, Eckhard (Hrsg.): Gewinnung, Wandlung und Nutzung von Energie, Heidelberg 2002.

Remmers, Karl Heinz: Große Solaranlagen, Einstieg in Planung und Praxis, 1. Auflage, Berlin 1999.

Remmers, Karl-Heinz: Große Solaranlagen, Einstieg in Planung und Praxis, 2. Und erweiterte Auflage, Berlin 2001.

Schnitzer, Hans et al.: Solare Prozesswärme, Österreichische Beteiligungen an der Task 33 des IEA Solar Heating and Cooling Programms, Phase I Subtask B: Investigation of Industrial Processes, Wien 2007.

Schuchmann, Heike P., Schuchmann, Harald: Lebensmittelverfahrenstechnik: Rohstoffe, Prozesse, Produkte, Weinheim 2005.

Schwenk, Christiane: Sonne für Hotels, Planung von Kollektoranlagen zur Warmwasserbereitung für Beherbergungsbetriebe, Gleisdorf 1999.

Solarpraxis AG (Hrsg.): Solarthermie: beraten – planen – verkaufen, Berlin 2006.

Streicher, E., Heidmann, W., Müller-Steinhagen H., Methodik zur Ermittlung der energetischen Amortisationszeit von thermischen Solaranlagen, Universität Stuttgart, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik ITW, Stuttgart 2002.

Thier, Bernd: Apparate: Technik – Bau – Anwendung, 2. Ausgabe, Essen 1997

Toledo, Romeo T., Verfahrenstechnische Grundlagen der Lebensmittelproduktion, 1. Auflage, Hamburg 2004.

Verband Austria Solar (Hrsg.): Detail – Infos zum Solarmarkt Österreich, Wien 2010.

Wesselack, Viktor; Schabbach Thomas: Regenerative Energietechnik, Heidelberg 2009.

## Internetquellen

<http://www.bpb.de/nachschlagen/zahlen-und-fakten/globalisierung/527507energiemix>

<http://www.e-control.at/de/Industrie/strom/strompreis>

[http://www.energie.ktn.gv.at/erneuerbare\\_energie/stromerzeugung/wasserkraft](http://www.energie.ktn.gv.at/erneuerbare_energie/stromerzeugung/wasserkraft)

[http:// www.energieinstitut.at](http://www.energieinstitut.at)

<http:// www.energieinstitut.at>

[http://www.energiewirtschaft.ktn.gv.at/150189\\_DE%2dEnergiewirtschaft%2dThermische%5fSolaranlagen](http://www.energiewirtschaft.ktn.gv.at/150189_DE%2dEnergiewirtschaft%2dThermische%5fSolaranlagen)

<http://www.hs-bremen.de/internet/forschung/veroeffentlichungen/detail/solar.pdf>.

<http://www.klimafonds.gv.at/ueber-uns/aufgaben-and-ziele/>

<http://www.klimafonds.gv.at/foerderungen/aktuelle-foerderungen/2011/solarthermie-solare-grossanlagen/>

[http://www.ktn.gv.at/150189\\_DE-Energiewirtschaft-Thermische\\_Solaranlagen](http://www.ktn.gv.at/150189_DE-Energiewirtschaft-Thermische_Solaranlagen)

<http://www.lebensmittellexikon.de/t0000350.php>

<http://www.profi-solar.de/solarwaerme/solarwaerme.html>.

[http://www.solair-project.eu/uploads/media/Best\\_Practice\\_Catalogue\\_DE.pdf](http://www.solair-project.eu/uploads/media/Best_Practice_Catalogue_DE.pdf)

[http://www.stw.at/dateien/9\\_Preis\\_Produktblatt\\_Gruen\\_Energie\\_Oesterreich\\_052011.pdf](http://www.stw.at/dateien/9_Preis_Produktblatt_Gruen_Energie_Oesterreich_052011.pdf)

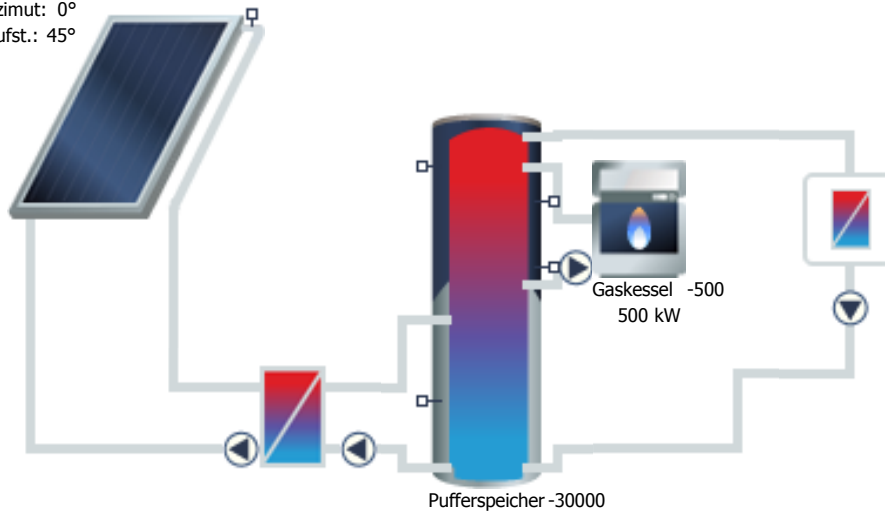
<http://www.pvaustria.at/content/page.asp?id=62>

[http://www.public-consulting.at/kpc/de/home/das\\_unternehmen](http://www.public-consulting.at/kpc/de/home/das_unternehmen)

[http://www.vega.com/de/Anwendung\\_Bleichprozess.htm](http://www.vega.com/de/Anwendung_Bleichprozess.htm)

<http://www.zamag.ac.at/fix/klima2000/daten/stationsinfo/20210.htm>

160 x ESC GFK Hochtemperaturkollektor  
Gesamtbruttofläche: 409,60 m<sup>2</sup>  
Azimut: 0°  
Aufst.: 45°



## Ergebnisse der Jahressimulation

---

Installierte Kollektorleistung:	286,72 kW	
Installierte Kollektorfläche (Brutto):	409,6 m <sup>2</sup>	
Einstrahlung Kollektorfläche (Bezug):	527,59 MWh	1.409,15 kWh/m <sup>2</sup>
Abgegebene Energie Kollektoren:	169,07 MWh	451,58 kWh/m <sup>2</sup>
Abgegebene Energie Kollektorkreis:	156,01 MWh	416,70 kWh/m <sup>2</sup>
Energieförderung Prozesswärme:	775,69 MWh	
Zugeführte Energie Zusatzheizung:	635,7 MWh	

**Systemnutzungsgrad:** **29,6 %**

## Vorgaben

---

### Wetterdaten

Standort:	Klagenfurt
Klimadatensatz:	Klagenfurt
Jahressumme Globalstrahlung:	1240,434 kWh/m <sup>2</sup>
Breitengrad:	46,65 °
Längengrad:	-14,33 °

### Prozesswärme

Durchschnittlicher Tagesbedarf:	2126,02 kWh
Vorlauftemperatur:	80 °C
Mindestvorlauftemperatur:	65 °C
Rücklauftemperatur:	40 °C
Lastgangprofil:	konstanter Lastgang

## Anlagenkomponenten

---

### Kollektorkreis

Hersteller:	Standard
Typ:	ESC GFK Hochtemperaturkollektor
Anzahl:	160,00
Gesamtbruttofläche:	409,6 m <sup>2</sup>
Gesamtbezugsfläche:	374,4 m <sup>2</sup>
Aufstellwinkel:	45 °
Azimut:	0 °

### Pufferspeicher

Hersteller:	Standard
Typ:	Pufferspeicher -30000
Volumen:	30 m <sup>3</sup>

### Zusatzheizung

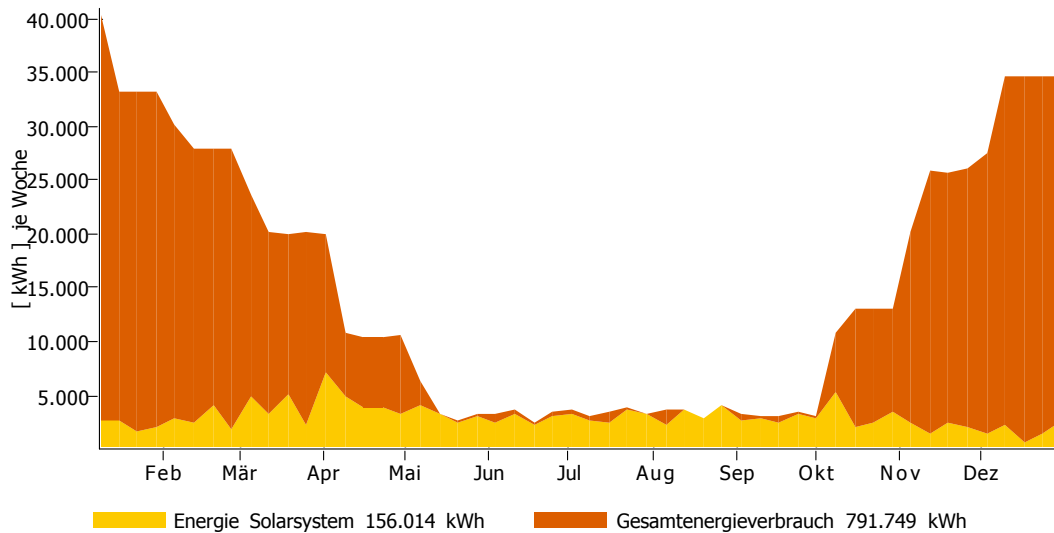
Hersteller:	Standard
Typ:	Gaskessel -500
Nennleistung:	500 kW

## Legende

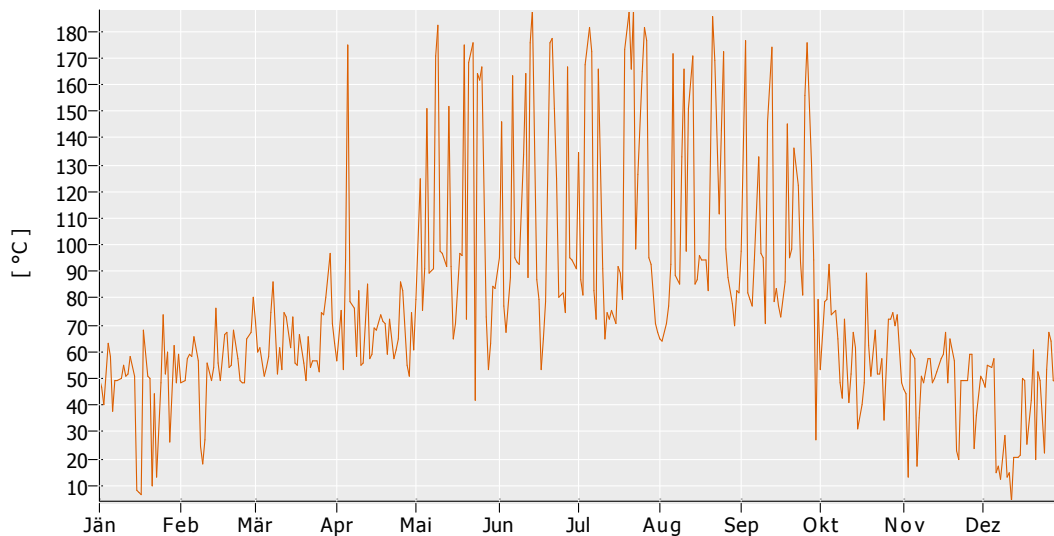


Mit Prüfbericht  
Solar Keymark

## Anteil der Solarenergie am Energieverbrauch

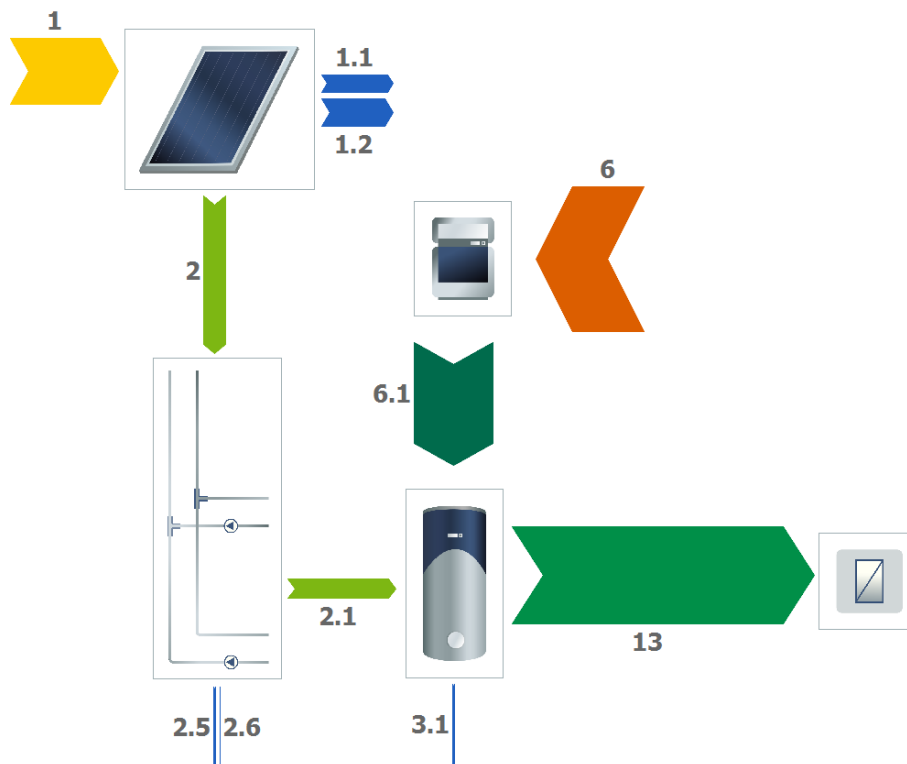


## Tägliche Maximaltemperaturen im Kollektor



Die Berechnungen wurden mit dem Simulationsprogramm für thermische Solaranlagen T\*SOL Pro 5.0 durchgeführt. Die Ergebnisse sind durch eine mathematische Modellrechnung mit einer variablen Zeitschrittweite von max. 6 Minuten ermittelt worden. Die Ergebnisse sind durch eine mathematische Modellrechnung mit einer variablen Zeitschrittweite von max. 6 Minuten ermittelt worden. Das obige Anlagenschema ersetzt keine fachtechnische Planung der Solaranlage.

## Energiebilanzschema



### Legende

1	Einstrahlung Kollektorfläche (Bezug)	528 MWh
1.1	Optische Kollektorverluste	140 MWh
1.2	Thermische Kollektorverluste	218 MWh
2	Energie vom Kollektorfeld	169 MWh
2.1	Solarenergie an Speicher	156 MWh
2.5	Rohrverluste innen	11 MWh
2.6	Rohrverluste außen	1.564 kWh
3.1	Speicherverluste	15 MWh
6	Endenergie	1.156 MWh
6.1	Zusatzenergie an Speicher	636 MWh
13	Speicher an Prozesswärme	776 MWh



## **Glossar**

- 1     **Einstrahlung Kollektorfläche (Bezug)**  
Die auf die geneigte Kollektorfläche (Bezugsfläche) eingestrahlte Energie
- 1.1   **Optische Kollektorverluste**  
Verluste u.a. durch Reflektion
- 1.2   **Thermische Kollektorverluste**  
Verluste u.a. durch Wärmeleitung
- 2     **Energie vom Kollektorfeld**  
Die abgegebene Energie am Austritt des Kollektorfeldes (d.h. vor der Verrohrung)
- 2.1   **Solarenergie an Speicher**  
Energie vom Kollektorkreis an den Speicher (abzüglich Rohrverluste)
- 2.5   **Rohrverluste innen**  
Verluste der innen verlegten Rohre
- 2.6   **Rohrverluste außen**  
Verluste der außen verlegten Rohre
- 3.1   **Speicherverluste**  
Wärmeverluste über die Oberfläche
- 6     **Endenergie**  
Endenergiestrom in die Anlage. Diese kann als Erdgas, Öl oder Strom (ohne Solarenergie) unter Berücksichtigung der Nutzungsgrade einfließen
- 6.1   **Zusatzenergie an Speicher**  
Zusatzenergie (z.B. Kessel) an Speicher
- 13    **Speicher an Prozesswärme**  
Energie vom Speicher an den Prozesswärme-Verbraucher

Berechnungsblatt 1

Investitionskosten [EUR]	133850											Mit Förderung		ohne Förderung													
Betriebskosten [EUR]	1338,5											Kapitalwert [EUR]		27.340,57		-26.199,43											
Verbrauchgebundene Kosten [EUR]	592											Amortisation [Jahr]		15,52		k.A.											
Energieeinsparung [MWh/a]	140																										
Förderung [EUR]	53540																										
Laufzeit	20 Jahre																										
Kalkulationszins	3 % p.a.																										
Energiepreissteigerung	4 % p.a.																										
Brennstoffpreis Erdgas	4,825 ct/kWh																										
Strompreis	10,58 ct/kWh																										
Infaltion	2 % p.a.																										
Brennstoffpreis Erdgas [ct/kWh]	4,83	5,02	5,22	5,43	5,64	5,87	6,11	6,35	6,60	6,87	7,14	7,43	7,72	8,03	8,36	8,69	9,04	9,40	9,77	10,17	Summe						
Strompreis [ct/kWh]	16,00	16,64	17,31	18,00	18,72	19,47	20,25	21,05	21,90	22,77	23,68	24,63	25,62	26,64	27,71	28,82	29,97	31,17	32,41	33,71							
Variante 1																											
Jahr	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Summe					
Investition [EUR]	-133.850,00																						Summe				
Förderung [EUR]	53.540,00																										
Betriebskosten [EUR]	-1.339	-1.365	-1.393	-1.420	-1.449	-1.478	-1.507	-1.538	-1.568	-1.600	-1.632	-1.664	-1.698	-1.731	-1.766	-1.801	-1.837	-1.874	-1.912	-1.950							
Verbrauchsgebunden Kosten [EUR]	-592	-616	-640	-666	-693	-720	-749	-779	-810	-843	-876	-911	-948	-986	-1.025	-1.066	-1.109	-1.153	-1.199	-1.247							
Erträge (Einsparung) [EUR]	6.755	7.025	7.306	7.598	7.902	8.218	8.547	8.889	9.245	9.614	9.999	10.399	10.815	11.248	11.697	12.165	12.652	13.158	13.684	14.232							
Einzahlungsüberschuß [EUR]	4.825	5.044	5.273	5.512	5.761	6.020	6.291	6.573	6.866	7.172	7.491	7.823	8.170	8.530	8.906	9.298	9.706	10.131	10.573	11.035							
Barwert [EUR]	4.684	4.755	4.826	4.897	4.969	5.042	5.115	5.188	5.262	5.337	5.412	5.487	5.563	5.640	5.717	5.794	5.872	5.951	6.030	6.110	107.650,57						
Überschuss [EUR]	-75.626	-70.871	-66.045	-61.148	-56.179	-51.137	-46.022	-40.833	-35.571	-30.234	-24.822	-19.335	-13.772	-8.132	-2.416	3.378	9.250	15.201	21.231	27.341							
Kapitalwert [EUR]	27.340,57																										
Brennstoffpreis Hackschnitzel [ct/kWh]	4,83	5,02	5,22	5,43	5,64	5,87	6,11	6,35	6,60	6,87	7,14	7,43	7,72	8,03	8,36	8,69	9,04	9,40	9,77	10,17	Summe						
Strompreis [ct/kWh]	16,00	16,64	17,31	18,00	18,72	19,47	20,25	21,05	21,90	22,77	23,68	24,63	25,62	26,64	27,71	28,82	29,97	31,17	32,41	33,71							
Variante 2																											
Jahr	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Summe					
Investition [EUR]	-133.850,00																						Summe				
Förderung [EUR]																											
Betriebskosten [EUR]	-1.339	-1.365	-1.393	-1.420	-1.449	-1.478	-1.507	-1.538	-1.568	-1.600	-1.632	-1.664	-1.698	-1.731	-1.766	-1.801	-1.837	-1.874	-1.912	-1.950							
Verbrauchsgebunden Kosten [EUR]	-592	-616	-640	-666	-693	-720	-749	-779	-810	-843	-876	-911	-948	-986	-1.025	-1.066	-1.109	-1.153	-1.199	-1.247							
Erträge (Einsparung) [EUR]	6.755	7.025	7.306	7.598	7.902	8.218	8.547	8.889	9.245	9.614	9.999	10.399	10.815	11.248	11.697	12.165	12.652	13.158	13.684	14.232							
Einzahlungsüberschuß [EUR]	4.825	5.044	5.273	5.512	5.761	6.020	6.291	6.573	6.866	7.172	7.491	7.823	8.170	8.530	8.906	9.298	9.706	10.131	10.573	11.035							
Barwert [EUR]	4.684	4.755	4.826	4.897	4.969	5.042	5.115	5.188	5.262	5.337	5.412	5.487	5.563	5.640	5.717	5.794	5.872	5.951	6.030	6.110	107.650,57						
Überschuss [EUR]	-129.166	-124.411	-119.585	-114.688	-109.719	-104.677	-99.562	-94.373	-89.111	-83.774	-78.362	-72.875	-67.312	-61.672	-55.956	-50.162	-44.290	-38.339	-32.309	-26.199							
Kapitalwert [EUR]	-26.199,43																										

# Berechnungsblatt 2

Investitionskosten [EUR]	133850																					
Betriebskosten [EUR]	1338,5																					
Verbrauchgebundene Kosten [EUR]	592																					
Energieeinsparung [MWh/a]	140																					
Förderung [EUR]	53540																					
Laufzeit	20 Jahre																					
Kalkulationszins	3 % p.a.																					
Energiepreissteigerung	10 % p.a.																					
Brennstoffpreis Erdgas	4,825 ct/kWh																					
Strompreis	10,58 ct/kWh																					
Infaltion	2 % p.a.																					
Brennstoffpreis Erdgas [ct/kWh]	4,83	5,31	5,84	6,42	7,06	7,77	8,55	9,40	10,34	11,38	12,51	13,77	15,14	16,66	18,32	20,16	22,17	24,39	26,83	29,51	Summe	
Strompreis [ct/kWh]	16,00	17,60	19,36	21,30	23,43	25,77	28,34	31,18	34,30	37,73	41,50	45,65	50,21	55,24	60,76	66,84	73,52	80,87	88,96	97,85		
Variante 1																						
Jahr	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		20
Investition [EUR]	-133.850,00																					
Förderung [EUR]	53.540,00																					
Betriebskosten [EUR]	-1.339	-1.365	-1.393	-1.420	-1.449	-1.478	-1.507	-1.538	-1.568	-1.600	-1.632	-1.664	-1.698	-1.731	-1.766	-1.801	-1.837	-1.874	-1.912	-1.950	Summe	
Verbrauchsgebundenen Kosten [EUR]	-592	-651	-716	-788	-867	-953	-1.049	-1.154	-1.269	-1.396	-1.535	-1.689	-1.858	-2.044	-2.248	-2.473	-2.720	-2.992	-3.291	-3.621		
Erträge (Einsparung) [EUR]	6.755	7.431	8.174	8.991	9.890	10.879	11.967	13.164	14.480	15.928	17.521	19.273	21.200	23.320	25.652	28.217	31.039	34.143	37.557	41.313		
Einzahlungsüberschuß [EUR]	4.825	5.414	6.065	6.783	7.574	8.448	9.411	10.472	11.643	12.932	14.354	15.920	17.645	19.545	21.638	23.943	26.481	29.276	32.354	35.742		
Barwert [EUR]	4.684	5.103	5.550	6.026	6.534	7.075	7.652	8.267	8.923	9.623	10.369	11.166	12.015	12.921	13.889	14.920	16.022	17.197	18.451	19.790		216.176,72
Überschuss [EUR]	-75.626	-70.523	-64.973	-58.947	-52.413	-45.338	-37.686	-29.419	-20.496	-10.873	-504	10.662	22.677	35.598	49.487	64.407	80.429	97.626	116.077	135.867		
Kapitalwert [EUR]	135.866,72																					
Brennstoffpreis Hackschnitzel [ct/kWh]	4,83	5,31	5,84	6,42	7,06	7,77	8,55	9,40	10,34	11,38	12,51	13,77	15,14	16,66	18,32	20,16	22,17	24,39	26,83	29,51	Summe	
Strompreis [ct/kWh]	16,00	17,60	19,36	21,30	23,43	25,77	28,34	31,18	34,30	37,73	41,50	45,65	50,21	55,24	60,76	66,84	73,52	80,87	88,96	97,85		
Variante 2																						
Jahr	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		20
Investition [EUR]	-133.850,00																					
Förderung [EUR]																						
Betriebskosten [EUR]	-1.339	-1.365	-1.393	-1.420	-1.449	-1.478	-1.507	-1.538	-1.568	-1.600	-1.632	-1.664	-1.698	-1.731	-1.766	-1.801	-1.837	-1.874	-1.912	-1.950	Summe	
Verbrauchsgebundenen Kosten [EUR]	-592	-651	-716	-788	-867	-953	-1.049	-1.154	-1.269	-1.396	-1.535	-1.689	-1.858	-2.044	-2.248	-2.473	-2.720	-2.992	-3.291	-3.621		
Erträge (Einsparung) [EUR]	6.755	7.431	8.174	8.991	9.890	10.879	11.967	13.164	14.480	15.928	17.521	19.273	21.200	23.320	25.652	28.217	31.039	34.143	37.557	41.313		
Einzahlungsüberschuß [EUR]	4.825	5.414	6.065	6.783	7.574	8.448	9.411	10.472	11.643	12.932	14.354	15.920	17.645	19.545	21.638	23.943	26.481	29.276	32.354	35.742		
Barwert [EUR]	4.684	5.103	5.550	6.026	6.534	7.075	7.652	8.267	8.923	9.623	10.369	11.166	12.015	12.921	13.889	14.920	16.022	17.197	18.451	19.790		216.176,72
Überschuss [EUR]	-129.166	-124.063	-118.513	-112.487	-105.953	-98.878	-91.226	-82.959	-74.036	-64.413	-54.044	-42.878	-30.863	-17.942	-4.053	10.867	26.889	44.086	62.537	82.327		
Kapitalwert [EUR]	82.326,72																					

## **Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Klagenfurt, 2012